



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETİM AŞAMASINDA GIDA MADDELERİNE KARIŞAN DEMİR PARÇACIKLARININ BELİRLENMESİ

Harun SÜMBÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan–2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Harun SÜMBÜL

Tarih: 18.04.2011

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜRETİM AŞAMASINDA GIDA MADDELERİNE KARIŞAN DEMİR PARÇACIKLARININ BELİRLENMESİ

Harun SÜMBÜL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Saadetdin HERDEM

2011, 77 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Saadetdin HERDEM
Doç. Dr. Abdullah ÜRKMEZ
Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

Bu çalışmada, gıda maddelerine üretim aşamasında çeşitli yollarla karışan demir parçacıklarının elektromanyetik algılayıcı kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Üretilen gıda maddesi, tasarlanan algılayıcıdan geçerken içerisinde demir olup olmadığı kontrol edilir. Eğer herhangi bir demir tespiti olursa, demirin büyüklüğü hakkında LCD ekran aracılığı ile bilgi verilir ve sesli uyarı yapılır. Daha sonra, içerisinde demir parçacık olduğu belirlenen ürünün diğer gıdalardan ayrılması için üretim bandında yer alan pnömatik düzenekler harekete geçirilir. Böylelikle hatalı ürün üretim bandından uzaklaştırılmış ve tüketiciye ulaşması engellenmiş olunur.

Oluşturulan sistem üzerinde yapılan deneylerle dört çeşit peynir tipinin içerisindeki demir parçacıkları tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, gerçekleştirilen sistemin kısa zamanda güvenilir tespitler yaptığı ve gıda üretim sektöründe kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Algılayıcı, Metal Detektörü, Mikrodenetleyici,, PI Sistemler, Pnömatik Sistemler.

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINING OF MAGNETIC IRON PARTICLES APPEAR IN FOODS DURING PRODUCTION PROCESS

Harun SÜMBÜL

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL-ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Saadetdin HERDEM

2011, 77 Pages

Jury
Prof. Dr. Saadetdin HERDEM
Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÜRKMEZ
Asst. Prof. Dr. Mustafa YAĞCI

In this study, it is aimed to detect iron particles mixed to foods during the production process in various ways using an electromagnetic sensor. It is checked whether there is any amount of iron in the produced food while passing through the designed sensor. If any amount of iron is found, it's size is monitored on a LCD (Liquid Crystal Display) screen and an available warning is made. Later, the pneumatic systems located in the production line are activated in order to remove the product including the iron particles from the other foods. In this way, faulty products are removed from the production line and they are prevented from reaching to the consumer.

The iron particles in four types of cheese were detected through the experiments made on the prepared system. As a result of the evaluations, it was seen that the system could successfully detect faulty foods in a short time and the proposed detecting system can be used in food production sector reliably.

Keywords: Electromagnetic Sensor, Metal Detector, Microcontroller, PI Systems, Pneumatic Systems.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim sırasında desteğini esirgemeyip teşvik eden değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Saadetdin HERDEM'e ve çalışmalarım sırasında bir uzman olarak bilgi ve deneyiminden faydalandığım, bana birçok konuda destek olan Öğr. Gör. Dr. İsmail SARITAŞ' a teşekkür ederim.

Harun SÜMBÜL
KONYA–2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Çalışmanın Amacı 2

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. MATERYAL VE METOT **8**

3.1. Algılayıcı Ünitesi 9
3.1.1. PI sistem 11
3.1.2. Bobin ve başlık 19
3.2. Ayırma Ünitesi 30
3.2.1. Pnömatik sistem 30
3.2.2. Mekanik sistem 33
3.2.3. Elektronik sistem 37
3.3. Raporlama Ünitesi 44
3.3.1. PIC16F452 mikrodenetleyicisi 44
3.3.2. Yazılım 44
3.3.4. LCD ekran 50

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **51**

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **60**

KAYNAKLAR **62**

EKLER **64**

ÖZGEÇMİŞ **77**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ºC	: Santigrat derece
+	: Artı
%	: Yüzde
±	: Yaklaşık
/	: Bölü
=	: Eşittir
.	: Çarpı
//	: Açıklama satırı
L^{-1}	: Laplace
e	: Exponansiyel
i(t)	: Zamana bağlı akım
^	: Üs
+V	: Besleme Gerilimi
V_r	: Direnç Gerilimi
T	: Toplam Ürün
H	: Hatalı Ürün

Kısaltmalar

A	: Amper
AES	: Atomik Emisyon Spektroskopisi
B	: Manyetik Akı Yoğunluğu
BFO	: Beat Frequency Oscilatör
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
D	: Diyot
dk	: Dakika
dc	: Direct Current
emk	: Elektromotor Kuvveti
FAA	: Flame Atomic Absorbtion
FAAS	: Flame Atomic Absorption Spectroscopy
Fe	: Demir
g	: Gram
GND	: Ground
H	: Manyetik Alan Şiddeti
Hz	: Hertz
IB	: Induction Balance
IR	: Infrared (kızılötesi)
K	: Potasyum
KHz	: Kilohertz
L	: Litre
LCD	: Liquid Crystal Display

LDR : Light Dependent Resistor
mA : Miliamper
MDF : Medium Density Fiberboard
MF : Manyetik Filtre
mg : Miligram
Mg : Magnezyum
MHz : Megahertz
ml : Mililitre
mm : Milimetre
nm : Nanometre
Na : Sodyum
NA : Normalde Açık
ng : Nanogram
NK : Normalde Kapalı
P : Fosfor
Pb : Kurşun
pH : Potansiyel Hidrojen
PI : Pulse Induction
PIC : Peripheral Interface Controller
PVC : Polivinil Clorur
Q : Transistor
Q-ICP-MS : Quadrupole Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry
R,r : Direnç
s : Saniye
SQUID : Superconducting Quantum Interference Device
t,T : Zaman
τ : Zaman sabiti
V : Volt
V_{cc} : Besleme Gerilimi
V_{ss} : Topraklama
YSA : Yapay Sinir Ağı
µF : Mikrofarad
µg : Mikrogram
µH : Mikrohenry
µm : Mikrometre
µs : Mikrosaniye

1. GİRİŞ

Günümüzde gıda, beslenme ve sağlık ilişkisi; üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı araştırma alanlarının başında gelmektedir. Büyümek, sağlıklı ve üretken olarak uzun süre yaşamak için gerekli olan gıda ürünlerini herkesin yeterli miktarda alıp vücudunda kullanması gerekmektedir. Bunlar yeterince alınmadığında veya uygun koşullarda üretilmeyenler alındığında, gelişmenin engellendiği ve sağlığın bozulduğu bilimsel bir gerçektir.

Sağlıklı beslenmek için; vücudun ihtiyacı olan gıdaların eksiksiz alınmasının yanında gıdaların temiz ve güvenilir olması ve herhangi bir yabancı madde içermemesi de oldukça önemlidir. Bu konuda gıda üreticilerine büyük sorumluluklar düşmektedir. Gıda hammaddesinin fabrikaya girdiği andan ürün olarak çıkacağı ana kadar hijyene dikkat edilmesi ve yabancı madde karışımının önlenmesi konularında azami dikkat gösterilmelidir.

Gıda sektöründe karşılaşılan en büyük sorunların başında ürün içerisine bir şekilde karışan yabancı maddeler gelmektedir. Bu yabancı maddelerin başında ise, üretim esnasında fabrikadaki çoğu kısmı demirden yapılmış olan makinelerden kopan demir parçacıkları gelmektedir. Bahsedilen demir parçacıkları çubuk, küre, dikdörtgen ve daha birçok değişik şekilde olabilmektedir. Ürün hammaddesi içerisinde herhangi bir metal parçacık bulunmasa bile, üretim aşamalarında fabrikadaki makinelerden ve ürünün depolandığı silolardan kopan çeşitli boy, ağırlık ve şekillerdeki metaller, ürün içerisine karışmakta ve insan sağlığı için zararlı olabilecek durumlar oluşturmaktadır. Bu parçacıkların risk oluşturmasını engellemek için, fabrikalar birçok tedbirlere başvurmaktaysa da çoğu fabrika için bu tedbirler yetersizdir. Örneğin, un içerisine karışmış manyetik özellikli (demir) parçaların tespiti için, birçok fabrika füze mıknatıs denilen bir sistem kullanmaktadır. Oysaki bu sistemin, paketlenmiş ürünler ve peynir gibi nemli gıda maddelerinin içindeki metal parçacıkların tespiti için kullanımı imkânsızdır. Bir diğer yöntem ise X-Ray cihazı ile kontroldür. Bu sistemin kullanılabilirliği daha fazla olmasına rağmen, maliyeti birçok firmanın karşılayamayacağı kadar yüksektir.

Bu tez çalışmasında, gıda maddeleri içerisindeki manyetik özellikli (demir ve demir bileşenli) parçacıkların elektromanyetik temelli bir sistem kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ürün, tasarlanan sistemden geçerken içerisinde demir olup olmadığı belirlenerek demir parçacığının büyüklüğü hakkında LCD ekran aracılığı ile

bilgi verilir ve aynı zamanda sesli bir uyarı yapılır. Daha sonra, içerisinde parçacık tespit edilen ürünün diğer gıdalardan ayrılması için hazırlanan pnömatik düzenekler harekete geçirilir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, gıda sektöründe üretim esnasında karşılaşılan, manyetik özellikli parçacıkları tespit edecek bir elektromanyetik algılayıcının tasarlanması ve gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Üretim bandında ilerleyen ürün, elektromanyetik algılayıcı içerisinden geçer ve içerisinde demir veya demir bileşenli parçacık olup olmadığı incelenir. Eğer gıda ürünü içerisinde herhangi bir manyetik özellikli parçacık var ise, bunun büyüklüğü rapor edilir ve büyüklük daha önceden belirlenmiş olan değerden fazla ise sesli ikazda bulunulur ve ürün, bant üzerinde bulunan IR algılayıcının önüne geldikten belirli bir süre sonra (1s) ürüne pnömatik piston ile müdahale edilir. Burada bahsedilen süre, cihaz üzerinde bulunan butonlar aracılığı ile ayarlanabilmektedir. Böylece, hem üretim sürecinin sürekliliği sağlanmış, hem insan eli değmeden tespit ve ayrıştırma işlemi yapılmış hem de zaman tasarrufu sağlanmış olur.

Mevcut sistemlerin birçoğu, çeşitli şekillerdeki metal parçacıklarına karşı duyarsız kalabilmekte ve bu parçacıkların ürün ile birlikte geçmesine göz yummaktadır. Oysaki metal parçalarının her türlüsünün insan sağlığı açısından zararlı olduğu açıktır. Ayrıca, klasik sistemler üretim esnasında yalnızca belirli noktalarda ve belirli tip ürünler için kullanılabilmektedir. Gerçekleştirilen sistem, birçok gıda ürünü için (peynir, şeker, un, pirinç, buğday vb.) üretim bandının farklı noktalarında kullanılabilecektir. Yani, hem paketlenmiş hem de paketlenmeden önceki aşamadaki ürünlerin kontrolleri yapılabilecektir. Dolayısıyla, yapılan çalışma belirli bir öneme sahiptir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, filtreleme sistemlerinin yapısıyla alakalı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan önemli olarak görülenler özetlenecektir. Manyetik özellikli parçacıkların tespiti ve filtrelenmesi ile ilgili çalışmalardan birisi Herdem S. ve Abbasov T. (2003) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada manyetik filtrasyon işlemlerinin özellikleri göz önüne alınarak filtrasyon işlemlerine etkiyen temel parametreler arasındaki bağlantılar incelenmiştir. Bu parametrelerden en önemli olan manyetik alan şiddetinin ve filtreleme hızının değişimlerinin filtre performansına etkisi değerlendirilmiştir. Tutulan parçacıkların manyetik alınganlığının değişiminin dış manyetik alan şiddetinin filtre performansına etkisindeki rolü belirlenmiştir. Bu konuda literatürde sunulan bazı çelişkili sonuçların giderilmesi için parametreler arasındaki bağıntıların gerçek orantıları önerilmiştir. Elde edilen sonuçların geçerliliği teorik ve deneysel sonuçların kıyaslanmasıyla gösterilmiştir.

Bu alandaki bir diğer çalışma Herdem S., Sarıtaş İ. ve Özkan İ. A. tarafından (2009) yapılmıştır. Aynı şekilde endüstriyel alandaki sıvıların içersinde bulunan mikron boyutundaki manyetik parçacıkların tespit edilmesi ve temizlenmesi için bir manyetik filtre (MF) tasarlanmıştır. Tasarlanan MF için 14 mm çapında manyetik özellikli küreciklerle iki filtre matrisi oluşturulmuştur. Endüstriyel sıvının temizlenmesi işleminin maksimum performans ile ve süreklilik arz edecek şekilde çalışması için Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak bir kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu sistem ile filtre matrislerinden birinde tutulan *ferromanyetik* parçacıklar gözenekleri doldurduğunda diğer filtre matrisinin devreye girmesini sağlanmaktadır. Sonuç olarak bu değerler ile maksimum performans ile filtrenin çalışma kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma enerji tasarrufu, dolayısıyla ekonomik kazanç ve yüksek performans sağlamaktadır.

Manyetik özellikli parçacıkların tespiti için çok çeşitli filtreleme ve tespit çalışmaları mevcuttur. Çalışma alanımızla birtakım farklılıklar içerse de, yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından bu kaynaklar da incelenmiştir.

Herdem S., Sarıtaş İ. (2009), teknolojik sıvıların içersinde bulunan mikron ve submikron boyutlarındaki manyetik özellikli parçacıkların tespit edilmesi ve temizlenmesi için bir Manyetik Filtre (MF) tasarlamışlardır. Bu çalışmada; Teknolojik sıvının temizlenmesi yanında filtre matrisinin temizlenmesini sağlayan iki adet MF kullanılarak bulanık kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu kontrol ile filtre matrisi

içerisinden geçen manyetik özellikli parçacıkların miktarı ve teknolojik sıvının akış hızı değişimine bağlı olarak filtre bobininin akımı dolayısıyla MF ’nin manyetik akısı da değiştirilmektedir. Böylece MF’ ‘nin performansı optimum olarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca filtrenin performansı düştüğünde filtre matrisinin temizlenmesi sağlanarak aynı filtre matrisinin tekrar tekrar kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu çalışma ile yapılan kontrol sistemi MF ’lerin yüksek performansla çalışmalarını, gereksiz enerji kullanılmasını önlediği için enerji tasarrufunu, dolayısıyla ekonomik kazancı da sağlamaktadır.

Espinoza M., Olea Azar C., Massiff G. ve A. Villa. (2008) , yiyecekler içerisindeki referans materyalleri incelemişlerdir. Bu referans materyallerin ölçümler arasındaki karşılaştırılabilirliği başarmak için zorunlu olduğu vurgulanmıştır. Yaptıkları çalışma da şarap içerisindeki bakır ve demir maddeleri için bir referans materyali geliştirmeye çalışmışlardır. Bu işlemi yaparken de bir numune içerisindeki metal yoğunluğunu tespit etme de kullanılan özel bir tekniği (FAA) kullanmışlardır. Deneyler sonucunda, tayin edilen referans değerleri, yaklaşık olarak demir için; 2,986±0,102 mg/L, bakır için, 0,154±0,004 mg/L olarak elde edilmiştir.

Jennifer S. Kosse, Andrew C. Yeung, Ana I. Gil ve Dennis D. Miller. (2001), gıda maddeleri içerisinde bulunan demiri tespit etmek için mevcut olanlara göre daha hızlı bir metot geliştirmişlerdir. Buna göre, numuneler, bir demir çözeltisi ile karıştırılmıştır ve (1.2 M HCl, 0.6 M *triklorasetikasit* ve 0.7 M *hydroxylamine hydrochloride*) karışım, 15 dk kaynayan su içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra karışım soğutulmuş ve süzülmüştür. Süzüntü, *kromojen reaktif* ile karıştırılmıştır. Demir yoğunluğu 535 nm olarak ölçülmüştür. Bu yöntem, buğday, un, mısır unu, çeşitli içecekler ve pirinç gibi birçok gıda maddesi için uygulanabilmektedir. Bu hızlı metodun doğruluğu, demir tespit etmede kullanılan standart laboratuar metotları tarafından doğrulanmıştır.

Oymak T., Tokalıoğlu Ş., Yılmaz V., Kartal Ş. ve Aydın D., (2009), yine gıda ürünleri içerisinde bulunan Plumbum (Pb) ve Kadmiyum (Cd) maddelerinin tespiti için bir çalışma yapmışlardır. Bu metot, salam, sosis, maydanoz, marul, çay ve pirinç numuneleri üzerinde uygulanmıştır. Matris düzenleyiciler hem Pb(II) ve Cd(II) için 50 µg $NH_4H_2PO_4$ + 3 µg $Mg(NO_3)_2$ olarak eklenmişlerdir. Sinyaller zirve alanı olarak ölçülmüşlerdir. Besin numuneleri içerisindeki Pb(II) ve Cd(II) yoğunlukları sırası ile 6.63 ng g^{-1} (hamsi)-3.30 µg g^{-1} , (ıspanak) ve 2.67 ng g^{-1} (salam) -0.51 µg g^{-1} (marul) olarak elde edilmiştir.

Cubadda F., Giovannangeli S., Iosi F., Raggi A. ve Paolo Stacchini. (2003), gıda maddeleri içerisindeki krom metalinin tespit edilebilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bunu yaparken de, sinyal kararlılığı ve matematiksel düzeltme eşitliklerinin kullanımını içeren dört katlı plazma-kütle spektrumu (Q-ICP-MS) adreslenmiştir. Bu çalışmada 5 yiyecek içermektedir.

Edwards M.C. ve Stringer M.F. (2007), gıda maddeleri içerisindeki plastik, metal ve cam gibi yabancı maddelerin incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu yabancı maddeler, birçok gıda üreticisi, perakendeci ve bu konudaki otoriteler için tüketicilerden gelen şikâyet mektuplarının en büyük kaynağı olmuşlardır. Bu çalışmada iki kısım mevcuttur, ilki; son 20 yıl için yiyecek ve içeceklerdeki raporlanmış yabancı maddelerin yoğun bir şekilde incelenmesini, ikinci bölüm ise; yabancı madde bulaşmış 2347 adet vukuatı incelemektedir. Yabancı maddeleri tanımlarken de 5 adet soruya cevap aranmıştır;

- Üründen çıkan madde nedir?
- Bu şey kesin olarak nedir?
- Bu şey nereden gelmiştir?
- Yiyeceğin içerisine nasıl girmiştir?
- Bu madde işlenmiş mi?

Ayrıca yabancı maddelerin tanımlanması için genel bir yaklaşım sergilenmiş ve bu konuda üretici problemlerine de dikkat çekmiştir. Yine bu ürünler tablo halinde Çizelge 2.1.'de listelenmiştir:

Çizelge 2.1. 2347 numunedeki yabancı madde tipleri

Tip	%	Adet
Cam	45,7	1072
Plastik	10,8	254
Hayvansal kökenliler	8,7	204
Metaller	7,2	170
Odun	5,8	137
Mineraller	5,7	133
Eklembacaklılar	4,3	102
Kimyasallar	3,8	89
Besin maddesi	2,7	63
İlaçlar	1,1	26
Bakteri kılıklı mantarlar	1,1	26
Dişsel maddeler	0,8	18
Elyaflar	0,8	18
Diğerleri	1,5	35

İçerisinde yabancı madde bulunduran gıda madde tiplerinden bazı ilgi çeken numuneler de Çizelge 2.2.' de gösterilmiştir. Buradan bazı gıda tiplerinin, diğerlerine göre daha fazla yabancı madde içerdiği görülmektedir.

Çizelge 2.2. 2347 numunedeki yabancı madde bulunduran gıda madde tipleri

Tip	%	Adet
Sebzeler ve sebze ürünleri	20,2	458
Tahıl ve tahıl ürünleri	12,8	289
Et ve et ürünleri	8,8	200
Hazır yiyecekler	7,8	176
Süt ve süt ürünleri	5,1	115
Kümes hayvanları ve ürünleri	4,8	109
Kakao, çikolata ve şekerleme	3,4	76
Balık ve deniz ürünleri	3,2	73
Bebek yiyeceği	2,9	66
Meyve ve meyve ürünleri	2,6	58
İçecekler	1,7	38
Doku ve et ürünleri	1.5	35
Yağ ve yağ ürünleri	1,2	28
Şehriye ve pirinç	1,0	2
Yumurta ve ürünleri	1,0	22
Tatlılar	0,9	20
Asitli sos, salça	0,7	17
Çorba	0,7	16
Kuruyemiş ve bakla	0,6	14
Baharatlar	0,4	10
Bilinmeyen	12,4	281
Diğerleri	6,1	138

Tanaka S., Hatsukade Y., Ohtani T. ve Suzuki S. (2009), çok hassas manyetik bir sensor olan yüksek süper iletkenlikli kuantum engelleme cihazı (SQUID) kullanarak, endüstriyel ürünler içerisindeki manyetik özellikli yabancı maddelerin tespit edildiği bir çalışmadır. 100µm' den daha küçük boyutlardaki metalik parçacıklar, X-Ray görüntüleme sistemi ile tespit edilemez ve bu X-Ray cihazına giren içecekler için büyük bir problemdir. Ayrıca, çok küçük yabancı maddeler için, çok hassas bir dedüksiyon sistemi gereklidir. Geliştirilen dedüksiyon sistemi, manyetik alana karşı yüksek performanslı *SQUID* sensoru ile yapılmıştır. Bu cihaz, yürüyen bir konveyör üzerindeki 100µm' den daha küçük demir parçacıklarını ve su içerisindeki 300µm' lik paslanmaz çelik topu başarılı bir şekilde tespit edebilmiştir. Bu boyuttaki belirleme işlemi klasik X-Ray ve diğer metotlar için başarılması zor bir şeydir.

Silvestre M.D., Lagarda M.J., Farre R., Martinez-Costa C., Brines J., (2000), mikrodalga sindirimli alevli atomik soğurma tayf ölçümü (FAAS) kullanarak insan sütü içerisindeki bakır, demir ve çinko miktarlarını tespit etmeye çalışmıştır. Bakır, demir ve çinko elementlerinin rolü, farklı biyolojik fonksiyonlar için önemlidir. Bu yöntemde yalnızca 2ml süte ihtiyaç duymuşlardır ve dedüksiyon limiti için elde edilen değerler (0,07; 0,07; 0.11 mg/ml süt, bakır, demir ve çinko için) olarak bulunmuştur.

Literatür araştırmasında, çeşitli peynirler içerisindeki ağır metaller üzerine araştırma yapan bir çalışma oldukça dikkat çekicidir;

Yalçın Ö., Tekinşen K. K., (2010), tüketime sunulan beyaz salamura, tulum ve kaşar peynirlerinin ağır metal içeriklerinin araştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Araştırma, Konya'da tüketime sunulan beyaz salamura, tulum ve kaşar peynirinde alüminyum, kadmiyum, kurşun, bakır, demir, nikel, krom ve çinko varlığını araştırmak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla perakende satış yerlerinden, her bir çeşitten 30'ar adet olmak üzere, toplam 90 adet peynir numunesi toplanmıştır. Ağır metallerin peynir numunelerine bulaşması ve bulaşma seviyesi, ICP-AES atomik emisyon *spektrofotometresi* kullanılarak mg/kg olarak belirlenmiştir. Araştırmada, beyaz salamura peynirlerde ortalama alüminyum, bakır, demir, nikel, kadmiyum, kurşun, çinko ve krom miktarları sırasıyla; 3.12 mg/kg, 1.44 mg/kg, 17.47 mg/kg, 0.49 mg/kg, 0.12 mg/kg, 0.13 mg/kg, 15.35 mg/kg, 0.49 mg/kg; tulum peynirlerinde 0.59 mg/kg, 1.06 mg/kg, 14.18 mg/kg, 0.65 mg/kg, 0.10 mg/kg, 0.08 mg/kg, 15.96 mg/kg, 0.70 mg/kg; kaşar peynirlerinde ise, 0.64 mg/kg, 1.35 mg/kg, 15.42 mg/kg, 0.43 mg/kg, 0.11 mg/kg, 0.12 mg/kg, 27.15 mg/kg, 0.50 mg/kg düzeylerinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, numunelerin üretim tekniğindeki, dolayısıyla çeşidindeki farklılıklara bağlı olarak alüminyum, bakır, demir, kadmiyum ve çinko içerikleri arasında anlamlı farklılıklar ($P<0.001$) olduğu ve ağır metal miktarlarının Türk Gıda Kodeksi'nin bazı gıdalarda belirlediği sınırlar içinde bulunduğu saptanmıştır.

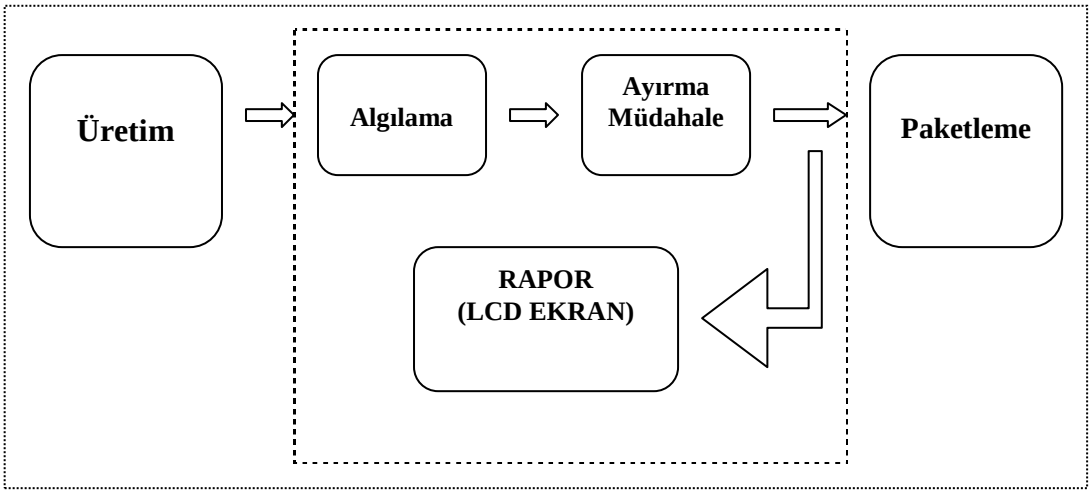
Bu literatür incelemesinde de görüldüğü gibi son yıllarda gıdalar içerisinde manyetik özellikli parçaların tespiti için gerek fiziksel ve gerekse kimyasal olmak üzere birçok tespit yöntemleri kullanılmış ve çok farklı ürünlerde uygulamaya başlanmıştır.

Bu yaklaşımdan yola çıkarak bu çalışmada gıda maddelerine karışan demir parçacıklarının, yürüyen bir bant üzerinde bulunan manyetik bir algılayıcı yardımıyla tespiti amaçlanmıştır. Bu yönde bir çalışma yapılarak gıda üretim sistemleri için bir konveyör tasarlanmış ve bu prototip üzerinde uygulama yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada gıda sektöründe üretim esnasında karşılaşılan manyetik özellikli metal parçacıklarının miktarını tespit edecek bir elektromanyetik algılayıcı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürün, elektromanyetik algılayıcı içerisinden geçer ve içerisinde herhangi bir metal olup olmadığı incelenir. Eğer ürün içerisinde herhangi bir manyetik özellikli parçacık var ise, bunun miktarını rapor eder ve geçen metal miktarı daha önceden belirlenmiş olan değere ulaştığında sesli ikazda bulunur ve aynı zamanda sisteme müdahalede bulunur. Bu sayede hem üretim sürecinde süreklilik sağlanmış, hem de insan eli değmeden metal tespit işlemi gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen sistemin blok şeması Şekil 3.1’ de görülmektedir;



Şekil 3.1. Gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı.

Bu tez çalışmasında aşağıdaki işlem adımları izlenmiştir;

- Tasarım
- Gerçekleştirme
- Mikro denetleyici yardımı ile kontrolün yapılması

3.1. Algılayıcı Ünitesi

Tipik bir metal algılayıcı, dairesel bir yatay bobinden oluşur ve gömülü altın, para veya mayın bulmak için kullanılır. Bazıları ise, medikal, güvenlik vb. gibi özel alanlarda kullanılırlar. Metal algılayıcılar 1881 'den beri teşhis ve tanımlama amaçlı kullanılırlar. Metalik objelerin hızlı belirlenmesinde kolaylık sağlarlar. Bu algılayıcılar, kullanım kolaylığı, radyasyona maruz kalmama ve düşük maliyetlerinden dolayı oldukça kullanışlıdırlar. Diğer kullanım amaçları, yeraltındaki gömülü bomba, mermi, mayın ve tuzakların yerini bulma, özellikle hava alanlarındaki bıçak ve tabanca gibi silahların tespiti ve hazine arama amaçlarını içerir. Savaşta vücuda giren mermi ve şarapnel parçalarının tam yeri röntgene gerek kalmadan hızlı bir şekilde metal algılayıcılarla tespit edilebilmektedir. Belediyeler, telefon işletmeleri, elektrik ve su dağıtımı yapan kurumlar kazılardan ve yol çalışmalarından veya asfalt kaplanmasından dolayı kanalizasyon ve mazgal kapaklarının yerleri kaybolduğunda bunların eski yerlerini bulmak için metal algılayıcıları kullanmaktadırlar; keza boruların, kabloların, vanaların ve kontrol kutularının tam yerlerinin bulunması için algılayıcı kullanılması gerekmektedir. Güvenlik güçleri insanların üzerlerinde veya çantalarında sakladıkları ateşli ve ateşsiz silahları metal algılayıcılar ile bulmaktadır. Arkeologlar metal obje aramalarını algılayıcılar ile yapmaktadırlar. Veterinerler saman ve ot arasında balya teli, çivi, metal parça yutup hastalanan hayvanları metal algılayıcılarla kontrol etmektedirler. Sanayi kuruluşlarında üretim makinelerine giren hammadde içindeki metal kirlenmesi metal algılayıcılarla önlenmektedir. Üretim hattından çıkmış çeşitli sanayi ürünleri de üretim makinelerinden kaynaklanan metal kirlenmesine karşı metal algılayıcı kontrolünden geçirilmektedir.

Metal algılayıcılar ayrıca, gıda maddeleri içerisindeki yabancı maddelerin belirlenmesinde ve zemin ve duvarlara gömülmüş, beton içerisindeki çelik çubukların ve boruların tespit edilmesinde de kullanılır. Metal algılayıcılar, gıda endüstrisi, odun ve bitki ve mayın araştırma gibi pek çok uygulama alanlarına sahiptir. Klasik metal algılayıcılarında 2 bobin vardır; elektromanyetik alan oluşturmak için kullanılan verici bobini ve yakında bulunan metaller tarafından üretilen elektromanyetik alanı elde etmek için bir alıcı bobini. Klasik metal algılayıcıları için uyarım frekansı, genel olarak birkaç *KHz*' den birkaç *MHz*' e kadardır (He, Yoshizawa, 2002).

Metal algılayıcılar genel olarak üç farklı sistemde çalışmaktadır. Bunlar;

- **BFO (*Beat Frequency Oscilator* - Darbe Frekansı Osilatörü) Algılayıcılar:**

Bu sistemde iki adet osilatör vardır. Bir osilatörün frekansı sabittir. Genellikle kristal kontrollüdür. Diğer osilatörün frekansı ise arama bobini olarak kullanılan bobinin *endüktansına* bağlıdır. Eğer ortamda bir metal yok ise bu iki osilatörün frekansları birbirine eşit durumdadır. Arama bobinine bir metal yaklaştırıldığında bu osilatörün frekansı değişecektir. Böylece frekansı sabit olan osilatör ile bu osilatör arasında fark frekansları oluşacaktır. Bu fark frekans gerekli elektronik devrelerle ses ve görüntü uyarısı olarak kullanıcıya yansıtılmaktadır. BFO algılayıcılarda metalin varlığı frekans kaymasına bakılarak tespit edilir. Metalin cinsi ise frekansın kayma yönüne bakılarak tespit edilir. Değerli metaller bobinin *endüktansını* düşürürken değersiz metaller *endüktansı* arttırmaktadırlar

- **IB (*Induction Balance – İndüksiyon Ayarlı*) Algılayıcılar:**

Arama başlığında iki bobin vardır, biri osilatör bobinidir. Bu bobin verici olarak çalışır ve etrafa elektromanyetik dalga gönderir. Diğer bobin alıcı bobinidir ve arama başlığının içine, etrafta metal bulunmadığı zaman en küçük sinyale haiz olacak şekilde yerleştirilir. Arama başlığına bir metal yaklaştığında arama başlığındaki alıcı bobindeki sinyalin genliği büyümeye başlar. Bu büyüyen sinyal, ses sinyali olarak hoparlörden duyulur.

- **PI (*Pulse Induction* - Darbe İndüksiyon) Algılayıcılar:**

Arama başlığında tek bobin vardır. Bu bobine çok kısa bir süre içinde (30 µs) yüksek akımlı (±4A) bir darbe verilir. Böylelikle etrafta yüksek bir manyetik alan oluşturulur. Darbe bittikten sonra bobin alıcı devreye bağlanır ve gönderilen darbenin etkilerini dinlemeye geçer. Gelen etkiler değerlendirilir. Etrafta metal varsa bu etkiler yüksektir, bunlar ses sinyali olarak hoparlörden duyulur.

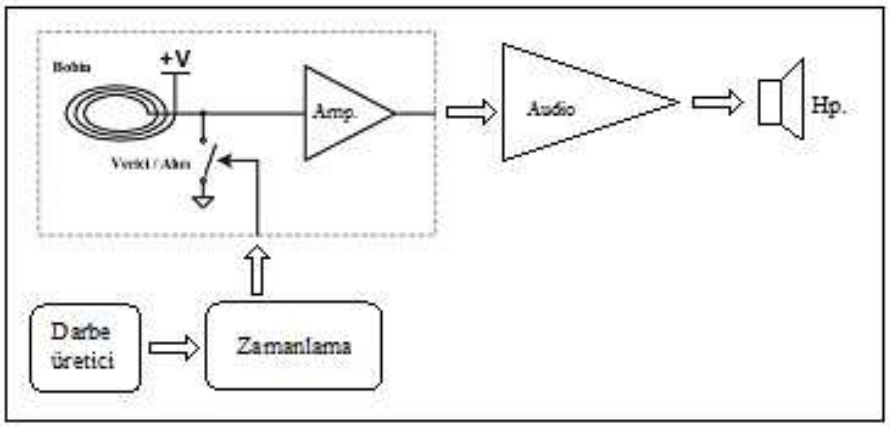
Bu tez çalışmasında kullanılan yöntem *Pulse Induction* (PI) yöntemidir. Bu yöntem aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. PI sistem

Bütün metal algılayıcılar elektromanyetik sistem prensibine göre çalışır. En basit anlatımla; bir kablodan elektrik akımı geçerse kablo çevresinde manyetik alan oluşur. Bu alan içindeki metal kendi manyetik alanını yaymaya başlar. Klasik metal algılayıcılarda arama başlığı adı verilen yuvarlak kısmın içinde iki adet bobin vardır. Birinci bobin sinyali yollar, diğer bobin sinyali alır. Birinci bobin belli bir frekansta (±8kHz) radyo sinyaliyle metalin çevresinde bir manyetik alan oluştururken, ikinci bobinde metalin oluşturduğu bu yapay manyetik alanı tespit eder. Metal algılayıcı devresi pil gücünü belli bir frekansta radyo dalgalarına dönüştür. Elektrik akımıyla oluşturulan bu manyetik alan sayesinde metalin varlığı ve konumu tespit edilir. Düşük frekanslı metal algılayıcılarda sinyallerin toprağa nüfuz etmesi kolaydır ve daha derine sinyal gönderilir. Arama başlık çapı büyüdükçe tespit derinliği artar. Fakat küçük metallere olan hassasiyet azalır, toprak minerallerine olan hassasiyet artar. Örneğin 0,5m çapında bir arama başlığının minerallere hassasiyeti fazla olacağından hatalı sinyal verme ihtimali çok yüksektir. Aynı zamanda bu büyüklükteki arama başlığı küçük metalleri de görmeden geçebilir. Genel kullanıma uygun ideal yuvarlak arama başlık çapları 0,2m ile 0,35m arasında olanlardır. Bu çalışmada da buna dikkat edilmiş ve algılayıcı başlığı, içerisinden geçecek ürünler de düşünülerek 0,15x0,15m olacak şekilde oluşturulmuştur.

PI sistemler, hem verici hem de alıcı olarak tek bobin kullanırlar. Bu bobine güçlü, kısa darbeler gönderirler. Gönderilen her darbe, bobinde bir manyetik alan oluşturur. Darbe bittiği zaman, manyetik alan ters polarite olur ve bobinde keskin bir gerilim yükselmesine sebep olur. Bu ani gerilim yükselmesi birkaç µs sürer ve bobinde başka bir akımın oluşmasına sebep olur. Bu akım, yansıyan darbe olarak bilinir ve yaklaşık 30 µs sürer. Daha sonra bir diğer darbe gelir ve işlem bu şekilde devam eder. Tipik bir PI tabanlı metal detektör, bir saniyede yaklaşık, 100 darbe gönderir, fakat bu sayı, detektörün modeline ve üretimine göre değişebilir.

PI algılayıcılarda bobine güç uygulandığı zaman, tur sayısı ve içerisinden geçen akımla orantılı bir manyetik alan oluşur. Güç kesildiği an bu manyetik alan ilk önce zayıflar sıfır seviyesine düşer, sonra ters istikamette kuvvetlenir. Ters EMK hareketi olur. Bir PI metal algılayıcı sisteminin blok diyagramı Şekil 3.2’ de görülmektedir (Moreland C., 2006).



Şekil 3.2. PI metal algılayıcının blok diyagramı.

Bu sistemde 2 faktör belirleyici bir rol oynar;

- Göndermede bobinden olabildiğince büyük bir akım geçirme,
- Göndermeden dinlemeye oldukça yüksek bir hızda geçiş.

PI algılayıcılarda metalin varlığını tespit edebilmek için, bobin alıcı moda geçtikten sonra oluşan sönümlenme eğrisinin uzamalarının tespit edilmesi gereklidir. Bobinden bir darbe gönderildiğinde eğer ortamda bir metal var ise, metallerde *eddy* akımları denilen çok düşük akımlar (µA) oluşur.

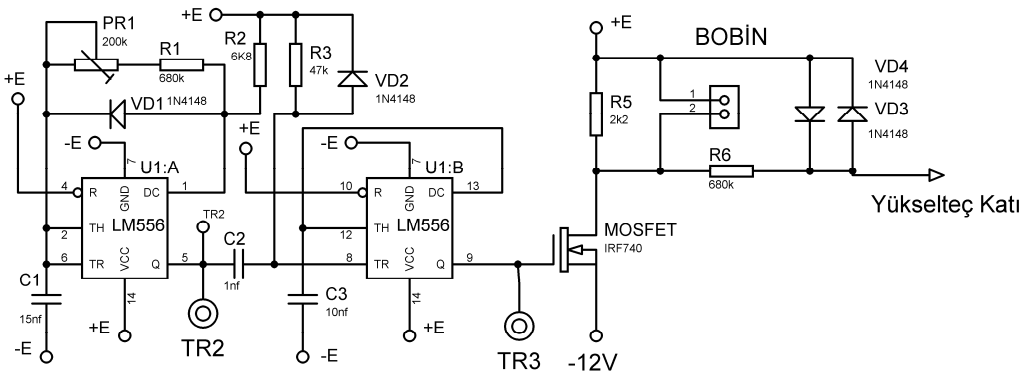
Eğer ortamda bir akım varsa mutlaka manyetik alan da vardır. Bu yüzden bobinden akımı kesildiğinde metallerde oluşan *eddy* akımları bir manyetik alan oluşturur ve bobin tarafından algılanır. Algılanan manyetik alan bobin tarafından elektriksel sinyale çevrilir. Fakat bobin aynı zamanda *endüktansına* bağlı bir sönümlenme çabası içersindedir. Bu yüzden algılanan manyetik alan sönümlenme eğrisine toplam olarak gelir ve böylece sönümleme süresinde uzamalar olur.

Sönümlemeye eklenen sinyal çok küçük genliklidir (µV). Bu artışları görebilmek için sönümlemenin son anlarının bir opamp ile yükseltilmesi gerekmektedir.

Yükseltilen bu sinyaller, bir hoparlöre verilir ve buradan ses olarak duyulur. Böylece bobinin bir metale yaklaştığı anlaşılmış olur. Bu konu, aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

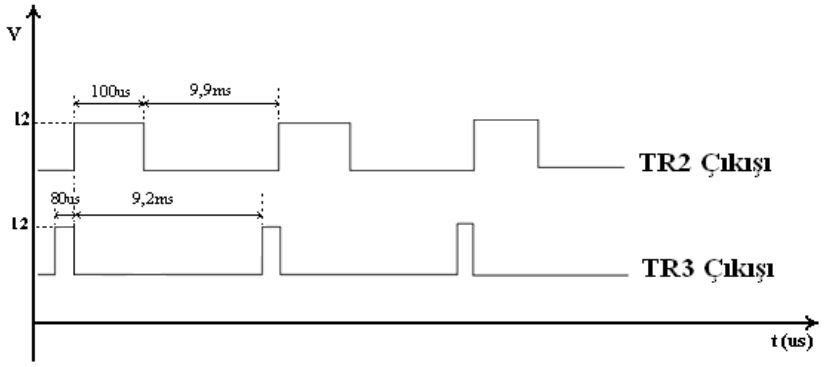
Darbe Üretici Kat;

Bu katın amacı, 100 Hz ‘lik darbe dizisi üretmektir. Frekans üretici olarak LM556 kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Darbe üretici devre

Üretilen frekansın görev döngü değeri 80µs ile 600µs arasında değişim göstermektedir. TR2 noktası, LM556 ‘nın ilk 555 çıkışıdır ve bu noktadan, örnekleme devresindeki CD4538 için örnekleme alınmıştır. TR3 noktası çıkış frekansıdır. PR1 trimpotu, frekans ayarlamakta kullanılmaktadır (70Hz – 200Hz arası). Üretilen frekans IRF740 ‘ı istenilen değerde anahtarlar. Tr2 ve Tr3 noktalarındaki sinyal şekilleri Şekil 3.4’ de görülmektedir.



Şekil 3.4. TR2 ve TR3 noktalarındaki sinyal şekilleri.

Bobinde oluşan yüksek gerilimi kırpmanın yolu Şekil 3.3’deki devrenin diyotlu kısmıdır. Oluşan anlık yüksek gerilim 2.2K ‘lik direnç üzerinde görülür. Bu direnç,

oluşan ters gerilim 0.7V' un altına ininceye kadar sönümlendirme direncine (R_6) paralelmiş gibi davranır. Bu yüzden eş değer direnç seçilen direnç değerinden çok farklı olmaması için bu direnci biraz büyük seçilmesi gerekir. Gerilim 0.7V'un altına indiğinde ise artık sönümlenme eğrisinin son anları demektir.

Burada bobine bağlanan R_6 direnci sönümlendirme direnci olarak adlandırılır. Değeri önemlidir ve bu değer, algılayıcı bobininin boyutlarına, sarım sayısına ve tel direncine bağlıdır. Yani algılayıcıdan gelen parazitler, kararsızlıklar ve benzeri hatalar, bu direnç değerinin, bobin değerine uymaması sonucudur. Bu direnç değerinin, algılayıcının çalışmasını sağlayan geri besleme geriliminin dalga şeklini nasıl etkilediği, Şekil 3.5 ‘de görülmektedir. Yani, direnç büyük olursa bobin, darbeden hemen sonra osilosyon yapacaktır. Direnç değeri küçük olduğunda ise bobin aşırı sönümlüdür. Yani hiç salınım yoktur ve *flyback* sivri ucu 0V’a yavaş yavaş düşer. İşte bu, metal algılamadaki büyük bir sorundur. Yani algılama kapasitesi oldukça düşmüş demektir. Doğru değerde olduğunda ise bobin kritik sönümlüdür ve *flyback* sivri ucu OV ‘a anında düşer.

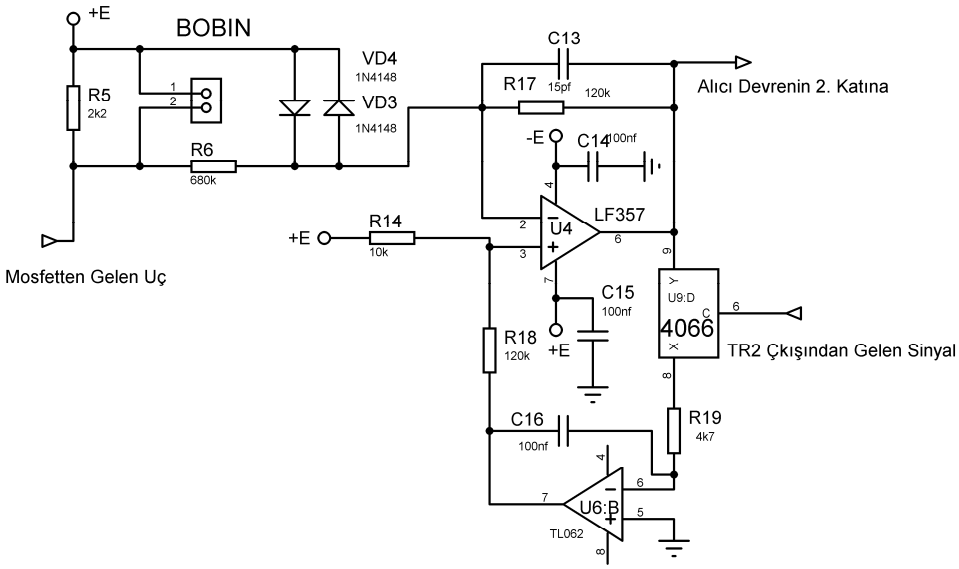


Şekil 3.5. Bobinde sönümlenme sırasında oluşan dalga şekli.

Bu konu, bölüm 3.1.2. de, ‘***Sönümlendirme direncinin değerine göre sönümlenme süresinin değişimi’*** alt başlığı altında ayrıntılıca anlatılmıştır.

Alıcı-Verici Katı ve Zamanlama;

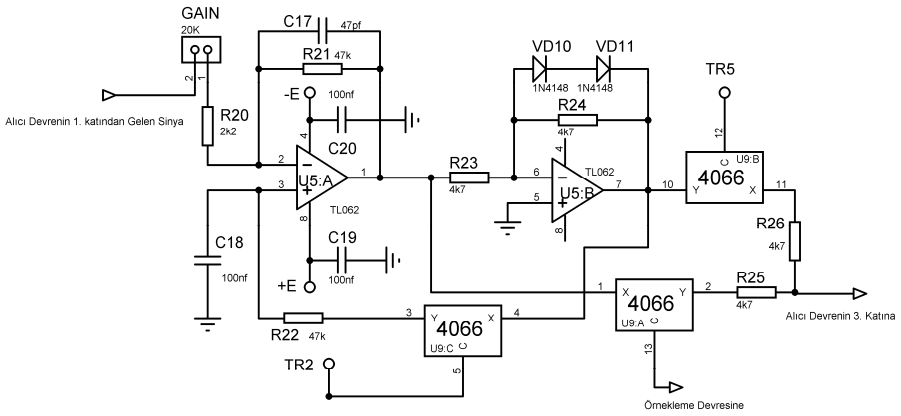
Bu kat, tek bir bobinin alıcı ve verici olarak kullanıldığı kattır. Mosfet‘in (IRF740) yalıtıma giderilmesi ile bobin alıcı konumda, iletime geçmesi ile de bobin verici konumdadır. Bu konu, bölüm 3.1.2. ‘de ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.



Şekil 3.6. Alıcı devrenin ilk katı

Bobin tarafından üretilen sinyal, sönümlendirme direncinden geçtikten sonra Şekil 3.6 ‘da görülen ilk alıcı katına giriş yapar. Kırpıcı diyotlardan(1N4148) geçen sinyal, opampa (LF357-LF356 J-fet) girerken kırpıcılar sayesinde yaklaşık olarak 0,4V ‘la girer. Burada opampın geri besleme direnci 120K ‘dır (R_{17}). Yani sinyal yaklaşık 120 kat yükseltilmektedir. Bu işlem opampın invert (opampın 2. pini) girişinde yapıldığından çıkışta terslenmiş bir sinyal elde edilir. Yani V olan giriş, -V olur. Opampın *non-invert* girişi 1K ile GND ‘ye bağlanmıştır.

Opamp çıkışında oluşan sinyalden CD4066 *swich* (anahtarlama) entegresi ile 80µs ‘lik bir örnek alınarak TL062 (çiftli low F-fet opamp)’ nin 2. opampı ile (100nF ile invert-çıkış arasına girilerek) LF357 ‘ nin *non-invert* girişine uygulama yapılmıştır.



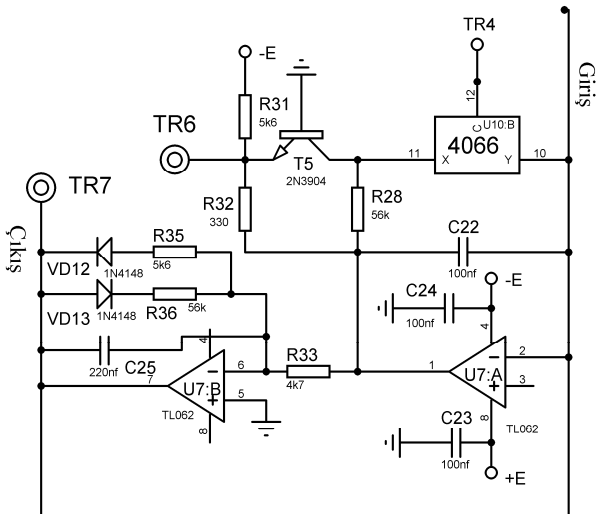
Şekil 3.7. Alıcı devrenin 2. katı

UA5 ‘den önce *Gain* isimli kazanç potansiyometresi bulunmaktadır. Bu pot ile opampın kazancı belirlenmektedir. Bilindiği üzere, pratikte ister non-invert olsun ister invert olsun opampların kazançları sonsuz olamaz ve belirli bir sınırdadır. Bu sınır, giriş ve çıkış arasına eklenmiş dirençler vasıtası ile ayarlanır. Bu devrede kazanç sınırı $R_{21}/(R_{20}+Gain)$ ‘dir. Örnek verilecek olursa, ayarlanabilir kazanç potansiyometresinin 1K konumunda olduğunu varsayılırsa; 47/(2.2+1)=14,5K çıkar. Yani sinyal 14,5 kat artırılmış olur.

Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi opamp çıkışındaki sinyal 2 kanala bölünmüş ve birinci kanal, U9A ile devam ettirilip örnekleme çıkışına verilmiştir. Diğer kanal ise U5B ye gitmektedir. Opamplarda her kazanç artımında kazanca ve dış etkenlere bağlı olarak bozulma meydana gelmektedir. Bu bozulmayı minimize etmek amacıyla U5B çıkışından bir örnek alınmış ve darbenin başlangıcından hemen önce (80µs ‘lik sinyal ile) U5A ‘da integral olarak kullanmıştır.

U5B opampının kazancı 0 ‘dır. Bu opampın amacı sinyali terslemektir. Opampa bağlanmış olan 2 adet 4148 diyotları (VD_{10}, VD_{11}) ile de sinyalde sınırlama yapılmıştır. 4148 ‘lerin özelliği bilindiği gibi 0,7V gerilimini eşik olarak tutmalarıdır. Burada sinyal, 0,7V ile tamponlanmış ve eğer bunun altına düşecek ise 0,7 V ‘luk bir değer elde edilmiş olacaktır. Burada 2 adet seri 4148 olduğundan, çıkış sinyal değeri yaklaşık 1,4V seviyelerinde sınırlanmıştır ve U9B ile de sinyalin darbe bitişinden 1–2 ms ötesinden bir örnek daha alınıp çıkışa verilmiştir.

Alıcı kat (integratör ve DC ‘ye çevirme);



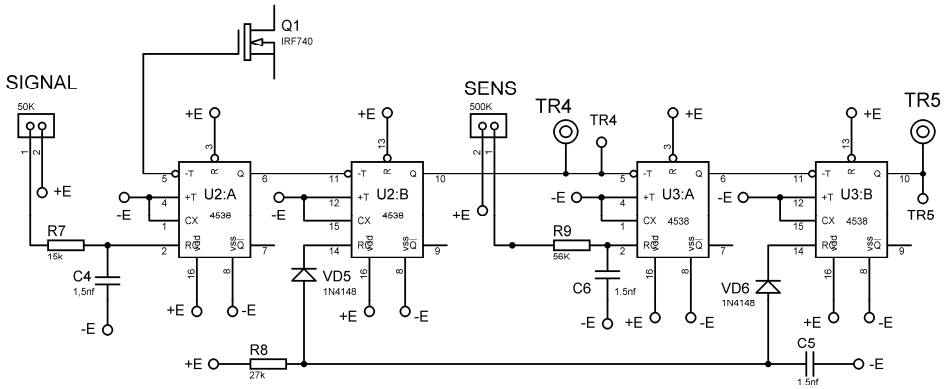
Şekil 3.8. Alıcı devrenin 3. katı

U7A opampı integratör olarak kullanılmıştır. Opampın girişinde 3 adet sinyal vardır. Bunlar; U5A örneklemesi, U5B örneklemesi ve U7A çıkışından geri besleme örneklemesidir. Burada opampın non-invert girişi, GND ‘ye bağlanmıştır. Burada ki C_{22} kondansatörü, invertörün tepki hızını artıran bir elemandır. Bu elemanın değeri düştükçe tepki hızlanır, hassasiyet artar. Tabi bununla birlikte birtakım parazitlerde oluşur. Kondansatörün değeri yükseldikçe tepki azalır, parazit de azalır. U7B opamp sinyali 2 kademe olarak düzenlenmiştir ve çıkışı DC volt olarak verir. Ayrıca tepki hızı C_{25} kondansatörü ile belirlenmektedir. Çıkış kademeli olarak artmaktadır. Bunun sebebi 4148 sayesindedir ve artık bu noktadan sonra sinyal DC olmuştur.

Örnekleme işleminde amaç sinyalin en temiz ve verimli bir noktasından bir miktar almaktır. En istikrarlı nokta darbenin başlama öncesi noktadır. Bu örneklemenin zaman aralığını CD4538 yapmaktadır. Örneklenen 80µs ‘lik sinyali CD4066 ile üzerinde çalışılan sinyale uygulayarak sadece örneklenen aralık kadar kısmı alınır. Yani CD4066 ‘nın girişine uygulanan sinyal anahtarlama girişine uygulanan süre kadar çıkışa sinyal verir.

Burada amaç; *Ferro – Non Ferro* metallerin ayrımını yapmak olduğundan, sönümlenmenin son 30µs’ lik sürecinde en az iki örnek alıp, belli bir referans gerilimi ile karşılaştırıp metalin varlığını tespit edebilmektir.

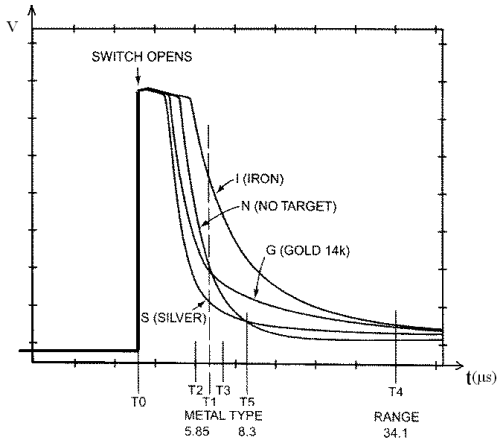
Bu sinyalin neresinden örnek alacağı bir elektronik devre ile nasıl anlaşılır? Alınan örneğin, sinyalin bu kısmına denk gelmesi için bir tetikleme devresi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında kullanılan devre Şekil 3.9‘ da görülmektedir.



Şekil 3.9. Örnekleme devresi

Burada yapılması gereken ilk iş, sönümlenmeden hemen önce birazdan sönümlemenin olacağını belirten işareti algılamaktır. Bu işaret de tabii ki mosfetin

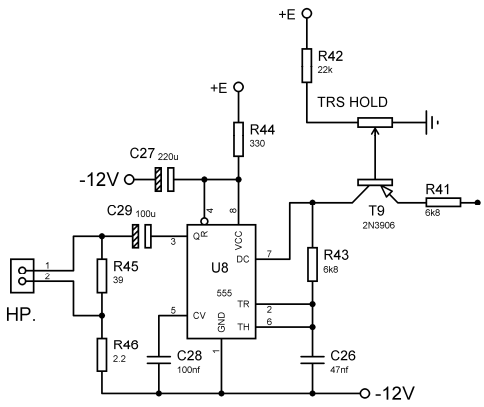
yalıtıma gittiğinin işaretidir. Bu işaret mosfetin *gate* ucundan alınabilir. Şekil 3.10'da bu an T_0 olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Bobin alıcı moda iken çeşitli maddelere göre değişen sönümlenme eğrisi.

T_0 anını yakaladıktan sonra opampın doyumdan çıkmasını beklemek gerekmektedir. Pratikte opamp en az 10µs sonra doyumdan çıkmaktadır. Yapılan örnekleme devresi de mosfet yalıtımdan çıktıktan sonra opampın doyumdan çıkmasını bekleyecek ve ilk örneği alacaktır. Normal şartlarda metalin varlığını algılamak için tek örnek yeterlidir. Fakat eğer tespit edilen metalin cinsi de algılanmak isteniyorsa eğimden iki örnek alınmalıdır ve ayrıca alçak frekanslı şebeke gürültüsünden kurtulmak için GND örneği de alınmalıdır. Alınan iki örnek ile GND örneği arasındaki fark incelenip metalin varlığı ve cinsi tespit edilir.

Ses katı ;



Şekil 3.11. Ses devresi

Şekil 3.11’ deki devrede 555 entegresi, kare dalga üretmektedir. 8 ve 1 numaralı uçlar besleme, 3 numaralı uç çıkış, 2 numaralı uç ise tetikleme amaçlı kullanılmaktadır. Tetikleme sinyallerinde çıkan ve inen olmak üzere iki kenar vardır. Tetikleme, bu kenarlardan biri ile yapılır. 555 entegresinin içinde, üretici firmaya bağlı olarak 20 ‘den fazla transistor, 15 direnç ve 2 adet diyot yer almaktadır. Algılayıcıya herhangi bir metal nesne yaklaştığında, hoparlörden frekansı giderek artan bir tık sesi duyulur. Bunun sebebi alıcıdan gelen çıkış geriliminin Şekil 3.11’ de görülen osilatör devresini çalıştırmasındandır. Yani 555 ’in 7. pinine gelen V değeri kadar çıkışta frekans üretilir. Bu frekans da bir hoparlör yardımı ile duyulabilir. Yani bu minik gerilimler, 555 ’i kendi gücünde harekete geçirip ses frekansı üretirler. Algılama tam olduğunda, tam bir vızıltı sesi, yani sürekli bir ses duyulur.

Cihaz ilk çalıştığında, kapı gıcırtısına benzeyen bu tık sesleri, elektriksel gürültünün yoğun olmasından kaynaklanmaktadır. Bu ses, eşik değerinin son anlarında olduğunu göstermektedir.

3.1.2. Bobin ve başlık

Bobinler, elektrik enerjisini manyetik akıya çevirerek depolayabilen devre elemanlarıdır. Bobinlerin en önemli özelliği üzerinden geçen akımın bobin üzerinde gerilim meydana getirmesidir. Bu olaya özindükleme adı verilir. Bobinler, elektrik ve elektronik teknolojisinin ilk yıllarında oldukça yaygın bir şekilde yüksek frekans ve alçak frekans devrelerinde kullanılmışlardır. Bununla beraber alçak frekans uygulamalarında kullanılan bobinlerin üretilmesi ve standardize edilmesi oldukça zor ve zahmetli bir iştir. Buna ek olarak alçak frekans bobinleri oldukça büyük ve ağır olmaktadır. Bu bobinler çoğu zaman üretici firmalar tarafından özel aletlerle sarılmaktadır.

Bobinler, elektromanyetik indüksiyon işlemlerinde önemli bir rol oynar. *İndüktans* değerleri ve *rezonans* frekansı, bobinin tur sayısındaki değişikliklere göre değişebilir. Ayrıca algılayıcı yanıtını etkileyen durumlar; bobinin tur sayısı, bobine uygulanan frekans ve gerilimdir (Zuan-guang, Ou-lian, Cui, Xiu-juan, 2009).

Algılayıcı performansının iyi olması için bu değerlerin uygun değerde olması gereklidir ve bobin etrafında, bobinde indüklenen gerilimi bozabilecek herhangi bir metal parçası olmamalıdır. Yapılan sistemde de buna dikkat edilmiş ve sistemde, manyetik özelliği bulunmayan tahta kullanılmış, vidalar için de yine plastik vida tercih

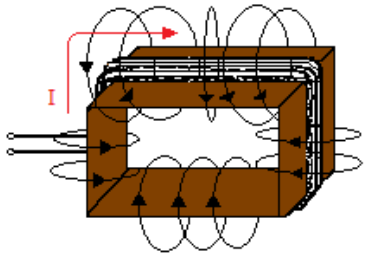
edilmiştir. Ayrıca metal kutu içerisindeki gıdaların kontrolünde, kutudan çıkarılma işi de yine bu amaçladır.

Bununla beraber, bobinlerin fiziksel özellikleri değişik olabilir ve değişik şekillerde sarılabilirler. Bu tez çalışmasında kullanılan bobin sarım türü; hava nüveli, çok katmanlı (sarımlı) bobin tipidir. Bu tip bobinler çok sarımlı bobinlerdir ve bundan dolayı nispeten yüksek değerlidirler. Bu tip bobinler genellikle AM uzun dalga ve orta dalga bobinleri, çeşitli RF uygulamalarında RF şok bobini olarak kullanılırlar. Bu bobinlerin değerleri genellikle 100 µH ile birkaç mH arasında değişir. Bu tip bobinler özel makinelerde petek sarım adı verilen özel bir şekilde sarılırlar. Bu tip sarımın kullanılma amacı, sarımlar arası kapasitif etkinin azaltılması dolayısıyla bobin kalite katsayısının arttırılmasıdır. Kapasitif etkinin az olması ve bobinin sarıldığı telin direncinin düşük olması bobinin kalite sayısını (Q) arttırır. Buda bir çok yerde bobin kayıplarını ve *rezonans* devrelerinde süzgecin bant genişliğini daraltarak seçiciliğinin artmasına yol açar.

Gerçekleştirilen sistemdeki bobin bilgileri ve şekli aşağıda görülmektedir;

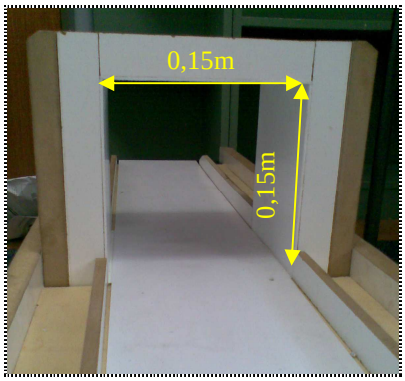
L; bobin endüktans değeri;	= **1198,4 µH**
d; bobin telinin çapı;	= **0,50 mm**
N; toplam tur sayısı;	= **55 tur**
R; bobinin direnci;	= **3,35 Ohm**

Şekil.3.12 ’de bobinde meydana gelen manyetik alan çizgileri ve bu çizgilerin yönleri görülmektedir. Buradan da görüldüğü gibi, manyetik akı yoğunluğunun en az olduğu bölge, başlığın tam orta kısımdır (ileride burası 3. Bölge olarak adlandırılmıştır). Bu yüzden burada demir parçacıklarını tespit etmek biraz zordur. Maksimum yakalama, kenar bölgelerde olmaktadır.



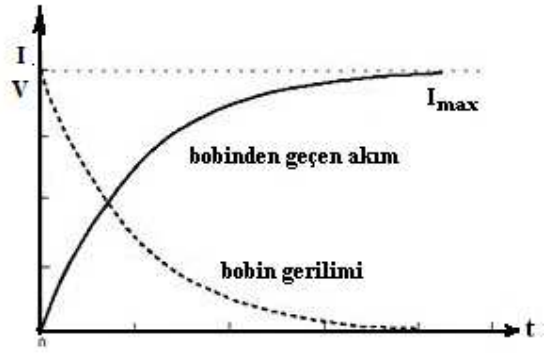
Şekil 3.12. Bobinde oluşan manyetik alan çizgileri

Başlık teli, bobin sarma makinesine yerleştirilmiş ve 55 tur sarılmıştır. Sarılan bobin teli, dış etkenlerden zarar görmemesi ve *endüktansının* değişmemesi için tahta bir kafes içerisine yerleştirilmiştir. Burada görülen başlık boyutları, kullanılacak malzemeye uygun olarak küçültülebilir. Son durum, Şekil 3.13' de görülmektedir.



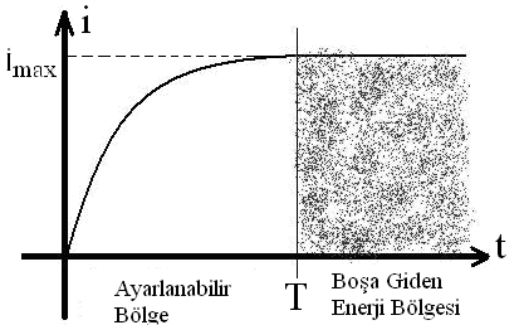
Şekil 3.13. Başlıktan bir kesit.

Bobinlere ilk akım verildiği anda bobinler açık devre gibi davrandıklarından dolayı akım çekmezler. Zamanla bobinin uçlarındaki gerilim azalacağından çektiği akım da zamanla artacaktır. Bu gerilim ve akım grafikleri Şekil 3.14' de görülmektedir.



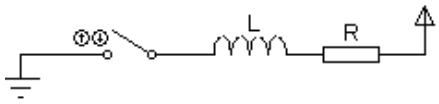
Şekil 3.14. Bobinin zamana bağlı gerilim ve akım grafiği.

PI algılayıcılarda bobin, kısa devre durumuna ulaştığı andan itibaren, bobinden geçirilen akım pil sarfiyatından başka bir şeye yaramamaktadır. Yani algılayıcı için, darbe genişliğini ne kadar artırılırsa, o kadar derine etki etme diye bir durum söz konusu değildir.



Şekil 3.15. Bobinde boşa harcanan pil sarfiyatı.

Darbe genişliğinin, bobin maksimum akıma ulaştıktan sonra kesilmesi gerektiği yukarıda da belirtilmiştir. Ayarlanabilir bölge olan zamanın nasıl hesaplanacağı ise aşağıda anlatılmaktadır. Şekil 3.16.' da algılayıcı devrenin basit bir eşdeğer devresi görülmektedir.



Şekil 3.16. Algılayıcı eşdeğer devresi.

Başlıktaki bobininin bilindiği gibi bir DC direnci bulunmaktadır. Bu direnç R olsun. Bobinin *endüktansı* L, besleme gerilimi de V olsun. Devredeki anahtar yerine mosfet düşünülebilir. Devreden zamana bağlı olarak geçen akım $I_{(t)}$' nin formülünün nasıl çıkarıldığı aşağıda belirtilmiştir.

'S' domeninde,

$$V_{(s)} = \frac{V}{S} \tag{3.1}$$

$$Z_{(s)} = R+sL \tag{3.2}$$

$$I_{(s)} = \frac{\frac{V}{S}}{R+sL} = \frac{V}{S(R+sL)} = \frac{A}{S} + \frac{B}{R+sL} \tag{3.3}$$

$$V = A\,(R+sL) + Bs \tag{3.4}$$

$$S=0 \;\; iken \qquad A.R = V \tag{3.5}$$

$$A = \frac{V}{R} \tag{3.6}$$

$R+SL=0$ *iken* $S=\frac{-R}{L}$ $\Rightarrow B\,\frac{-R}{L}=V$ *olduğundan* (3.7)

$$B=\frac{-VL}{R} \tag{3.8}$$

(3.6) *ve* (3.8) denklemlerden**,**

$$I_{(s)}=\frac{V}{s(R+sL)}=\frac{\frac{V}{R}}{S}-\frac{\frac{VL}{R}}{R+sL} \tag{3.9}$$

olur. Tekrar ‘t’ domenine dönülürse,

$$I_{(t)}=L^{-1}\{I(s)\} \tag{3.10}$$

olduğundan,

$$I_{(t)}=L^{-1}\left\{\frac{\frac{V}{R}}{S}-\frac{\frac{V}{R}}{\frac{R}{L}+S}\right\}\Rightarrow\frac{V}{R}\,L^{-1}\left\{\frac{1}{S}\right\}-\frac{V}{R}\,L^{-1}\left\{\frac{1}{S+\frac{R}{L}}\right\}\Rightarrow\frac{V}{R}\left(1-e^{-\frac{R}{L}t}\right) \tag{3.11}$$

olur. Formülden anlaşıldığı gibi bobinin *endüktans* değerinin artmasıyla akımın maksimum seviyeye ulaşma zamanı artmaktadır. Bobinden zamana bağlı olarak geçen akımın formülünde;

- I; zamana bağlı olarak değişen akım,
- V; besleme gerilimi,
- R; dc direnç,
- L; bobinin endüktansıdır.

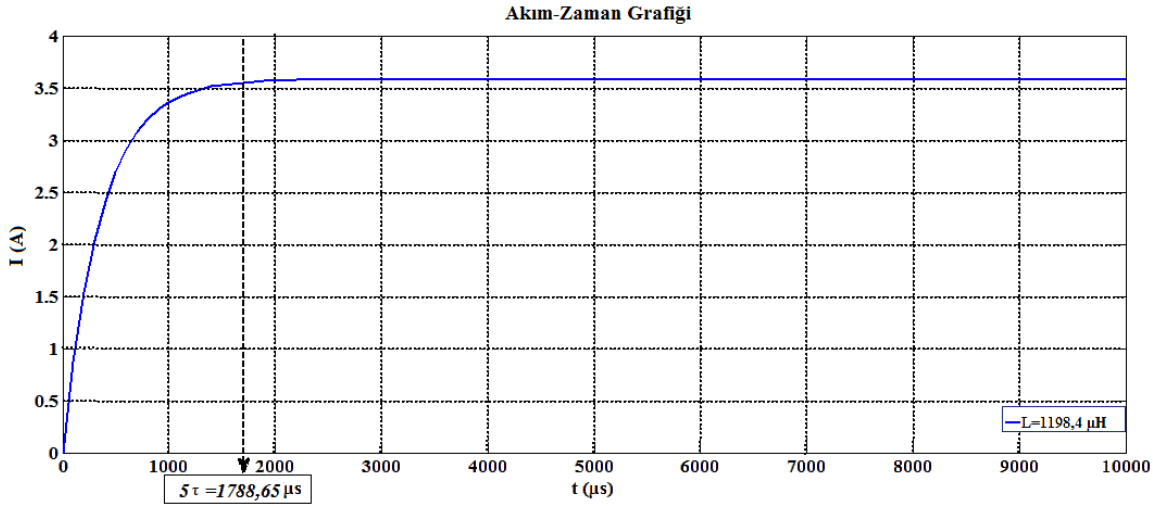
Darbe genişliğinin ne kadar olması gerektiği, ne kadarından sonra boşa pil sarfiyatı olduğu hesaplanacak olursa;

Bobinin endüktansı, 1198,4 µH,

Besleme gerilimi, 12V,

Bobinin DC direnci; 3,35 Ohm idi.

Bu değerlere göre, bobinin kaç µs değerinden sonra maksimum akıma ulaşmaya başladığını Şekil. 3.17 ‘deki eğriye bakarak anlaşılabilir;



Şekil 3.17. Bobin akımının maksimuma ulaşma grafiği.

Bilindiği üzere seri RL devrelerinde akım, maksimum değere 5τ süresi içerisinde ulaşır.

τ, zaman sabitinin değerini bulmak içinde;

$$\tau = \frac{L}{R} \tag{3.12}$$

formülünden yararlanılır. Buradan,

$$\tau = \frac{1198{,}4.10^{-6}}{3{,}35} = 357{,}73\ \mu s \tag{3.13}$$

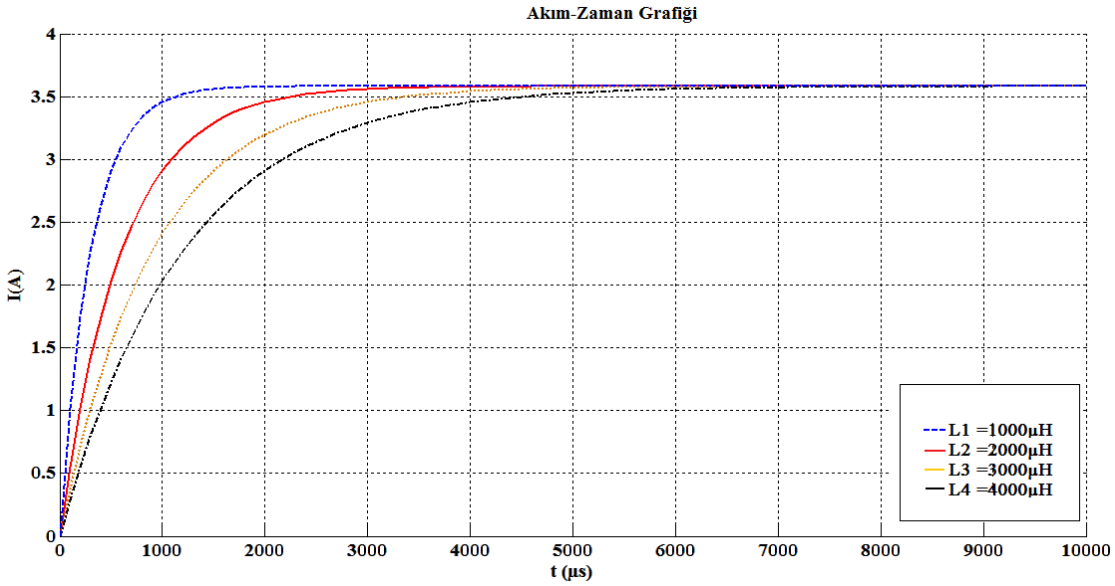
bulunur. 5 τ değeri ise;

$$5\ \tau = 5.\ 357{,}73 = 1788{,}65\ \mu s \tag{3.14}$$

olarak bulunur. Bu durum Şekil 3.19 ‘ da görülmektedir.

Grafikten de görüldüğü gibi yaklaşık 1788,65 µs sonra bobinden geçen akım artık sabitleşmeye, 3.58 A civarlarına ulaşmaya başlıyor. Bu süreden daha uzun süreler için bobine uygulanan akım boşuna pil sarfiyatıdır.

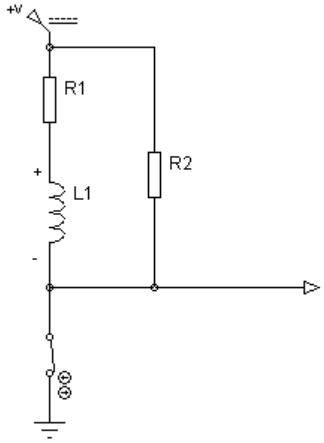
Şekil 3.18’ de bobin değeri 1000 µH' den 4000 µH' ye kadar arttırılarak bobin akımlarının zamana göre değişimi incelenmiştir.



Şekil 3.18. Farklı değerlerdeki bobinlerin maksimum akıma ulaşma grafiği

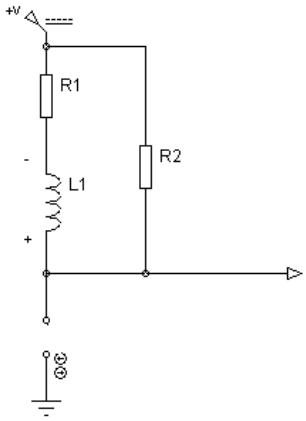
Grafiklerden görüldüğü gibi bobinin değerinin artmasıyla, akımın maksimum seviyeye ulaşma süresi artmaktadır.

Yukarıda anahtarın kapatılmasıyla bobinden geçen akımın zamana bağlı değişimi anlatılmıştı. Anahtar kapatıldığında bobin üzerinde gerilim kutuplanması Şekil 3.19' da görülmektedir.



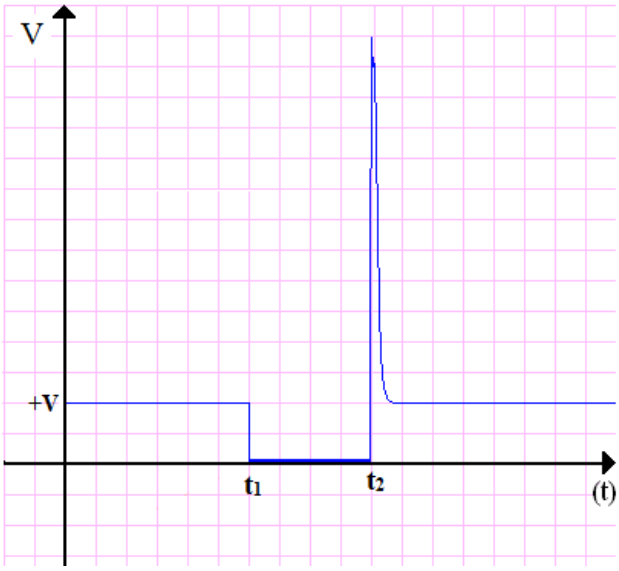
Şekil 3.19. Anahtar kapatıldığında bobin üzerindeki gerilimin kutuplanması.

Şekil 3.19' da görüldüğü gibi gönderme sırasında bobin üzerindeki gerilimin artısı ve eksisi besleme ile aynı yöndedir ve çıkışta GND vardır.



Şekil 3.20. Anahtar açıldığında bobin üzerindeki gerilimin kutuplanması.

Anahtar açıldıktan sonra ise bobine uygulanan gerilim kesilmiş olacağından akımın azalmaya başlamasıyla bobin üzerinde ters bir gerilim oluşacaktır. Bu oluşan ters gerilim besleme gerilimine seri olacağından çıkışta [(+V) + (sönümleme gerilimi)] oluşacaktır. Bu oluşan gerilimin osiloskop görüntüsü Şekil 3.21' de görülmektedir. Anahtar, t_1 anında kapanıp t_2 anında açılmaktadır.

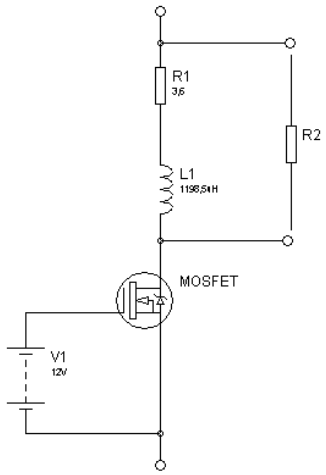


Şekil 3.21. Bobinde oluşan ters gerilimin çıkış gerilimi üzerine etkisi.

PI detektörlerde darbe sonrası:

PI algılayıcılar, darbe sonrası bobin üzerinde darbeye göre ters yönde oluşan yüksek gerilimin sönümlenme zamanını ölçerek metalin varlığını tespit ederler. Bunu

daha iyi anlayabilmek için, Şekil 3.22' deki örnek benzetim devresini incelemek gerekmektedir.

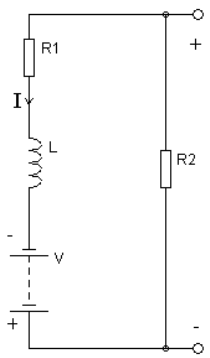


Şekil 3.22. Örnek benzetim devresi.

Burada mosfetin, bobin maksimum akıma gidecek kadar uzun bir süre iletimde tutulduğunu varsayalım. Besleme 12V, direnç de 3,6ohm idi. Bobin maksimum akıma ulaştığında artık devreden 12 / 3,35 = 3,582A akım akmaktadır. Bu devreye ek olarak da bobine paralel, oluşacak ters gerilimi sönümlendirecek direnç R_2 direnci olsun.

Darbe kesildiği anda bobin uçlarında bobinin endüktansına bağlı olarak ters bir yüksek gerilim oluşur ve bu gerilim zamana bağlı olarak sönümlendirme direncinin üzerinden sönümlenerek sıfırlanır.

Akım kesildiği anda bobinden kaç amper akım akıyorsa ona göre Şekil 3.23.'deki eşdeğer devre çizilir.



Şekil 3.23. Bobin alıcı konumdayken ki eşdeğer devre

Bu eşdeğer devreye göre;

$$V = I\,(R_1+R_2) \tag{3.15}$$

$$i_{(t)} = \frac{V}{R_1 + R_2}\left(e^{-\frac{R}{L}t}\right) \tag{3.16}$$

ise zamana göre sönümlenme eğrisinin akım formülü;

$$i_{(t)} = I\left(e^{-\frac{R}{L}t}\right) \tag{3.17}$$

olur. Burada;

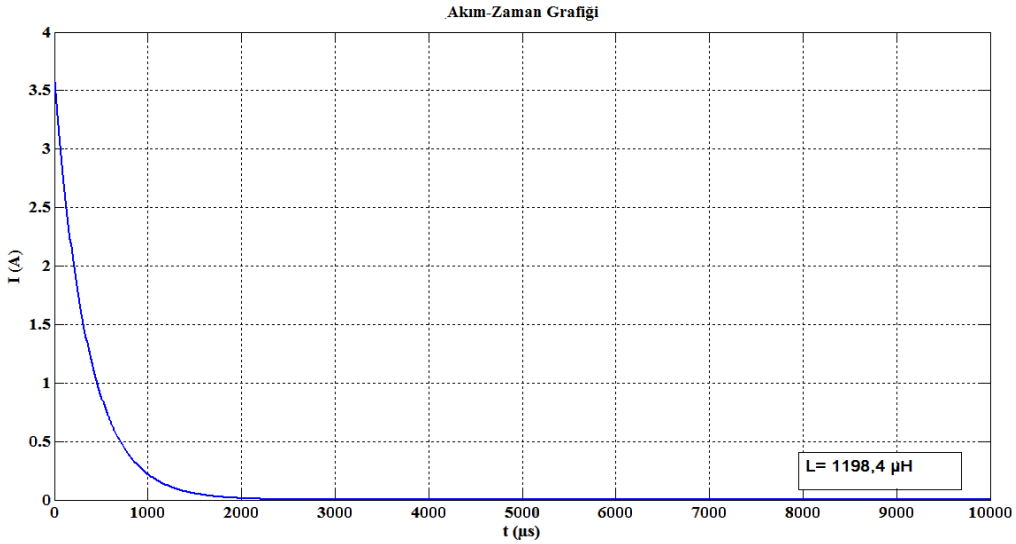
- I; t = 0 anındaki akım (3,582A),
- V; I' dan dolayı oluşan gerilim,
- R; dc direnç,
- L; bobinin endüktansıdır.

Besleme gerilimi 12V, Bobin direnci 3,35 ohm, sönümlendirme direnci de 560ohm 'dur. Bobinin ulaşacağı maksimum akım 12 / 3,35=3,582 A kadardır. Bu durum Şekil 3.24 'de görülmektedir.

R_2 üzerindeki gerilim t = 0 için;

$$V_r = i\,R_2 = R_2\,I\left(e^{-\frac{R}{L}t}\right) = R_2\,I\,e^0 = I.560 = 2005{,}92\ V \tag{3.18}$$

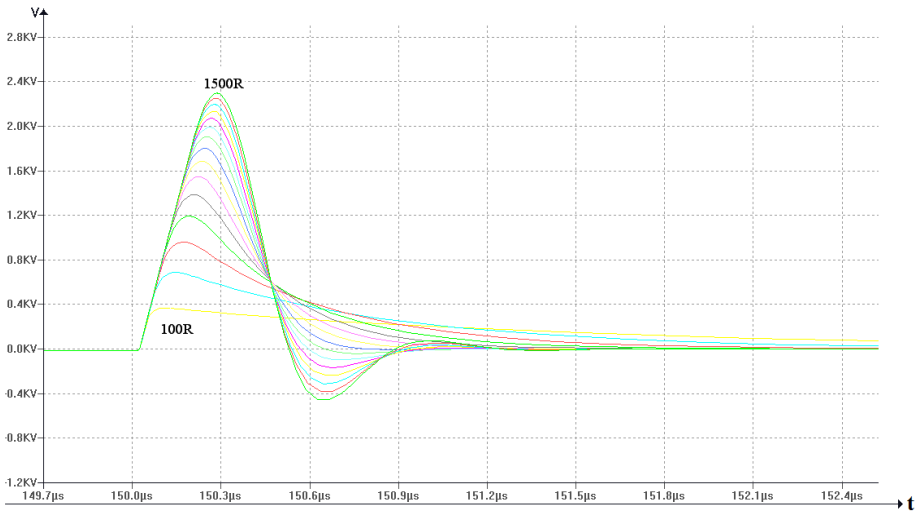
çıkmaktadır. Yani çok yüksek bir gerilim ile sönümlenmeye başlanmaktadır. Bu formülde t yerine değişik değerler verilerek hangi zamanda direnç üzerinde kaç volt olacağı bulunabilir.



Şekil 3.24. Bobinin sönümlenme eğrisi

Sönümlendirme direncinin değerine göre sönümlenme süresinin değişimi:

Sönümlendirme direncinin en uygun değerini bulabilmek için birçok etkenin bilinmesi gerekir. Bobinin endüktansı, bobinin kapasitif etkisi, aradaki kullanılan kablonun değerleri... Sönümlendirme direncinin etkileri Şekil 3.25' de görülmektedir. Sönümlendirme direncini 100R den 1500R'ye kadar 100R adımlarla arttırılmıştır.



Şekil 3.25. Sönümlendirme direncinin sönümlenme zamanına etkisi.

Şekil 3.25'da görüldüğü gibi R direncinin küçük olması sönümlenme süresini artırmaktadır.

3.2. Ayırma Ünitesi

3.2.1. Pnömatik sistem

3.2.1.1. Piston

Pistonlar pnömatik sistemlerin hareket mekanizmalarıdır. Gazın pistonun içindeki hazneye dolmasıyla piston kapanır ya da açılır. Böylece doğrusal olarak her iki yönde de hareket elde edilebilir.

Gerçekleştirilen sistemde çift etkili ayarlanabilir yastıklı ve düz silindirli pinömatik piston kullanılmıştır. Bu pistonun çalışma basıncı; en çok 12 bar, çalışma sıcaklığı, -20 ºC / +80 ºC, silindir çapı: 32 mm ve strok uzunluğu 0,16m' dir. 0,16m stroklu bir pistonun kullanılmasının sebebi, yürüyen bant genişliğinin 0,15m olmasıdır. Çünkü müdahale edeceği ürünün genişliği 0,1m' dir. Bu yüzden bu uzunlukta bir piston tercih edilmiştir. Eğer ürün daha uzak mesafelere itilecekse, o zaman daha uzun stroklu pistonlar kullanılabilir. Şekil 3.26' de kullanılan piston görülmektedir.



Şekil 3.26. Pnömatik piston.

Sistemin sorunsuz çalışabilmesi için, pnömatik pistonun ucuna bir destek ünitesi takılmıştır. Bu sayede pnömatik pistonun önüne gelen ürünün tam kavranması sağlanmış ve ürünün sağa sola kaymasının önüne geçilmiştir.

3.2.1.2. Akış Kontrol Valfı

Valflar pnömatik gazın geçip geçmemesine izin veren anahtardır. Valflar, çalışma prensibi olarak elektronikteki röle yada transistorlara benzetilebilinir.

Elektrovalfler endüstriyel sistemlerde en çok kullanılan valf tipidir. Kumandaları elektrikle yönetilir. İçteki mekanizmanın konum değiştirmesini sağlayan bir röleli valf olarak düşünülebilir. Elektrik yokken valften normal durumuna bağlı olarak gaz bir delikten girer diğer delikten çıkar. Valf akışı sağlıyordur. Elektrik verildiği zaman valf içindeki bobin mıknatıslanır valf kontaklarını kapatır yada konum değiştirtir. Böylece gaz akışı kesilir ve çıkış deliğiyle, egsoz (tahliye) deliğinin de açılmasıyla piston ya da sistem içindeki gazlar da tahliye edilebilir.

Burada valfe gelen elektrik, kontrol kartı üzerinde bulunan röle kontakları aracılığı ile sağlanmaktadır. Mikrodenetleyici, metal algılayıcıdan gelen sinyale göre, belirli bir süre (bu süre, cihaz üzerindeki butonlar sayesinde ayarlanabileceği gibi, motor hızını artırarak yada azaltarakda değiştirilebilmektedir.) sonra röleyi tetikler. Rölenin NK (normalde kapalı) kontakları açılırken, NA (normalde açık) kontakları kapanır. Böylece rölenin NA uçlarına bağlanmış olan 220V, bu kontak üzerinden valfe gelir ve valf içindeki bobin mıknatıslanır valf kontaklarını kapatır yada konum değiştirtir. Sistemde kullanılan valf Şekil 3.27‘ de görülmektedir



Şekil 3.27. Elektrikli valf.

3.2.1.3. Regülâtör ve Barmetre

Regülâtörler girişlerine gelen gazın basıncını istenilen derecede sabitler. Örneğin 6 barlık bir çıkış basıncı elde etmek istiyorsa girişe 8–9 bar verilir. Üstteki ayar vidasından 6 barı ayarlanır.

Barometrenin 2 bağlantı noktası vardır. Sisteme seri bağlanınca üstünden geçen gazın basınç bilgisini göstergesinde gösterir. Tabi bu çok hassas bir değer değildir çünkü gaz, bu tür elemanların (gösterge, valf...) üstünden geçerken gaz basıncında belli kayıplar (0,3 – 0,4 bar) olur. Sistemde kullanılan valf Şekil 3.28‘ de görülmektedir.



Şekil 3.28. Barometreli regülâtör.

Sistemde barometre, piston açılırken kullanılan girişe bağlanmıştır. Yani pistonun ileri doğru hareketi kontrol edilmek istenmiştir. Çünkü pistonun çıkması yavaş, tekrar içeri girmesi hızlı olmalıdır. Aksi halde hızlı bir vuruşla ürün zarar görebilir. Ayrıca, kullanılan piston kol 12 bar ‘a kadar kullanılabilmesine rağmen, burada yaklaşık 2 bar’ da ile rahatlıkla çalıştığı görülmüştür.

3.2.1.4. Hava Hortumu

Yaygın olarak PVC (Polivinil Klorür), Silikon (Polisiloksan) ve Plastik olmak üzere 3 çeşitli maddeden imal edilirler. Kullanıcılar arasında çoğunlukla PVC' den imal edilmiş hortumlar ile Silikon bazlı hortumlar kullanılmaktadır.

Sistemde kullanılan hava hortum plastiktir ve iç çapı 0,4cm olup içerisinden 2 bar hava basıncı geçirilmektedir. Hortumların birbirleri ile bağlantıları, ‘nipel’ adı verilen bağlantı elemanı ile gerçekleştirilmiştir



Şekil 3.29. Hava hortumları.

3.2.2. Mekanik sistem

3.2.2.1. Motor

Konveyör sistem üzerinde bulunan açma kapama düğmesi ile motora ilk hareket kazandırılmakta ve böylelikle gövdenin her iki başında bulunan makaralardaki bant hareket ettirilmektedir. Bant üzerinde bulunan ürün, ileri doğru hareket etmekte ve başlığın içerisinden geçerek içerisinde herhangi bir metal olup olmadığı incelenmektedir. Ürün içerisinde bir metal tespiti oldu ise, IR sensorun önüne geldiğinde, piston hareketi ile kenara itilecektir. Böylelikle hem sistemin sürekliliği sağlanmış, hem de kararlı bir şekilde hatalı ürünler ayırt edilmiştir.

Ayrıca, sistemdeki yürüyen bant hızının sabit olması istenmiş ve bunun içinde bölüm 3.3.3.5' de anlatılan ayarlı gerilim kaynağı yapılmıştır. Bu sayede motor hızı, dolayısıyla da bant hızı sabit tutulmuştur. Eğer yine de motor hızı artırılmak istenirse, devre üzerinde bulunan potansiyometre aracılıyla bu işlem kolayca yapılabilmektedir. Bu amaçla değişik motor gerilimleri ile alakalı bir örnek verilecek olursa, potansiyometre 18V ' a ayarlanmış olsun;

Motor 1 devir de 2,45m yol almaktadır. Çizelge 3.1' e göre motor 18V' da 4,6 devir dönmektedir. Buna göre ürün 4,6 devirde 11. 7 m' ilerlemektedir. Ürünün hızını ise;

$$V= \frac{X}{t} = \frac{11,7}{60} = 0,195 \text{ m/s} \qquad (3.19)$$

dir. Burada;
X; alınan yol (m),
t; geçen süre (s),
V; bant hızıdır (m/s).

Ürün içerisinde metal yoksa sisteme girdikten kaç saniye sonra sistemi terk eder? Bu hesaplanacak olursa;
Ürün, 1 s ' de 0,195m yol almaktadır. Yürüyen bandın uzunluğu 1.20m olduğuna göre;

$$t = 1,20/ 0,195= 6,15384 \text{ s} \qquad (3.20)$$

Görüldüğü gibi, sisteme giren ürün, eğer içerisinde herhangi bir metal yok ise, sistemi 6,15384 s sonra terk etmektedir.

Sistemdeki bir hatalı ürünün, başlıktan geçtikten kaç saniye sonra pistonun önüne gideceği ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

Motor hızı 0,195 m/s idi. Sensor ile piston arasındaki mesafe 0,5m ‘ dir. Buna göre;

$$t = 0,5/ 0,195= 2,5641 \text{ s} \quad (3.21)$$

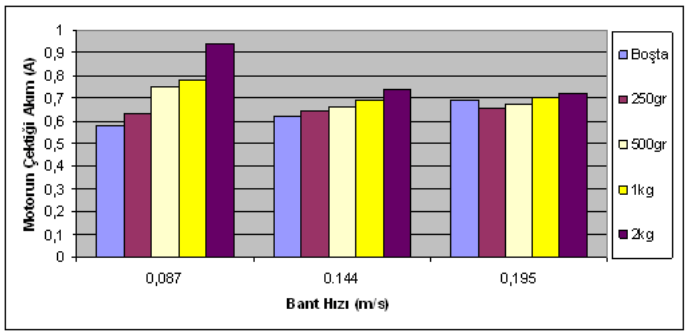
sonra ürün piston önünde olacak demektir. Fakat bu tek başına yeterli değildir. Çünkü sistemin kararlı çalışması için, algılayıcıdan alınan veri yanında, IR sensorundan da bir veri gelmesi beklenmektedir. Eğer her ikisinden de veri gelirse piston hareket edecektir. Yani pistonun çalışması için sadece algılayıcı tarafından metal parçacığın tespiti yetmemekte, aynı zamanda ürünün IR sensorunun önüne de gelmesi gerekmektedir. IR sensoru ile piston arasındaki süre ise yazılımsal olarak ayarlanmıştır (1s). Bu süre, cihaz üzerindeki butonlar aracılığı ile ayarlanabilmektedir.

Çizelge 3.1 ‘ de sistemde kullanılan motora uygulanmış farklı gerilim ve yüklere göre, bant tur sayıları ve motorun çektiği akım görülmektedir.

Çizelge 3.1. Uygulanan farklı gerilim ve yüklere göre motorun çektiği akım

Motor Gerilimi (V)	**Bant Hızı (m/s)**	**Bant Tur Sayısı (dev/dk)**	**Motorun farklı yüklerde çektiği akım (A)**				
			Boşta	**250gr**	**500gr**	**1kg**	**2kg**
12	0,087	2,15	0,58	0,63	0,75	0,78	0,94
15	0.144	3,55	0,62	0,64	0,66	0,69	0,74
18	0,195	4,6	0,69	0,65	0,67	0,7	0,72

Çizelge 3.1 dikkatle incelendiğinde, uygulanan gerilim arttıkça, tur sayısının ve çekilen akımın da arttığı görülmektedir. Yine aynı şekilde bant üzerindeki yük arttıkça, çekilen akımda artmaktadır. Bu durum, Şekil 3.30 ‘da daha belirgin görülmektedir.

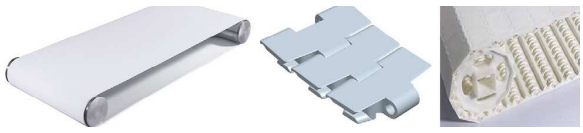


Şekil 3.30. Değişik bant hızlarına göre, çeşitli yüklerdeki motorun çektiği akımlar

3.2.2.2. Taşıma Bandı

Hijyen, gıda endüstrileri için kilit bir meseledir. Fakat gıda üretim hatlarındaki taşıma bantlarının sağlığa uygunluğu, çoğu zaman görmezden gelinmektedir. Taşıma bant uygulamaları ile bazı problemler ve bu problemlerin çözülmesi, hem sağlığa uygunluk hem de temizlik için, doğru taşıma bant seçiminde kritik rol oynarlar. Taşıma bantları, gıda endüstrisinin birçok bölümlerini birbirine bağlayan bir unsurdur ve üretim hatlarında çok önemli bir rol oynarlar. Doğru bant, üretim hattının hijyen ve etkinliği için, can alıcı bir etkendir (Heide O., 2007).

Piyasa da farklı firmaların ürettiği çeşitli özelliklerde pek çok taşıma bandı bulmak mümkündür. Bu yüzden sistem için en uygun olanı bulunmalı ve kullanılmalıdır. Şekil 3.31‘ de bir takım taşıma bandı grubu görülmektedir.



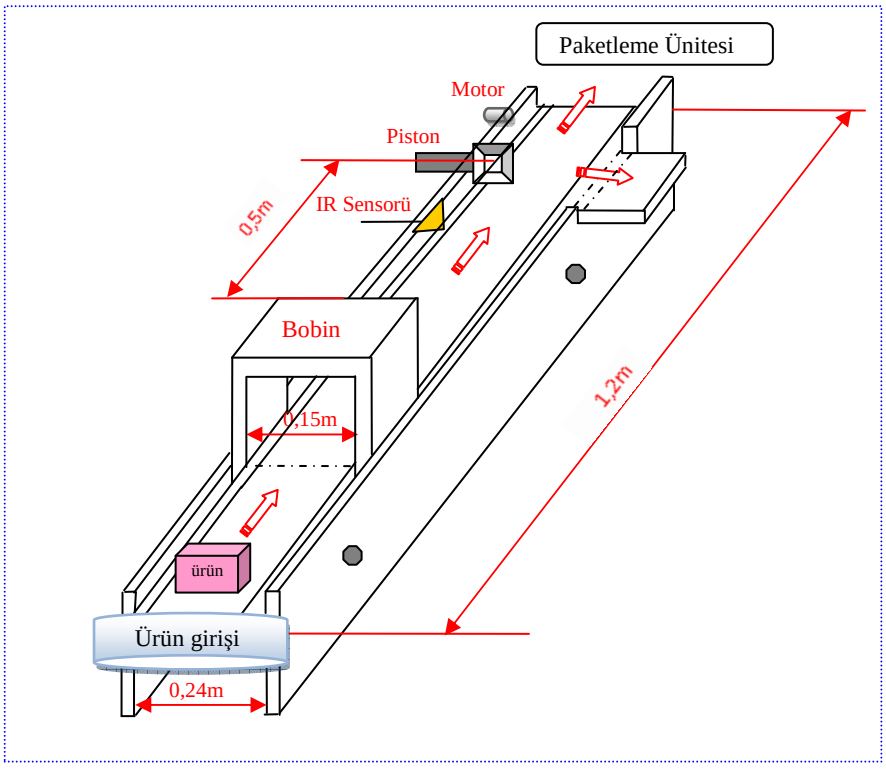
Şekil 3.31. Sentetik taşıma bantları.

Sistemde kullandığımız taşıma bandının özellikleri;

- Aşınmaya karşı dayanıklıdır
- Kesilmeye karşı dayanıklıdır
- Yağlardan kimyasal maddelerden etkilenmez
- Çıplak gıda taşıma tüzüklerine uygundur.
- Korozyona ve çürümeye dayanıklıdır.
- Hafif ve incedir.
- Yırtılmaya mukavimdir. (Elevatörlerde kullanılır)

3.2.2.3. Gövde

Sistem, pnömatik kısım hariç tamamen MDF (*Medium Density Fiberboard*) ‘den yapılmıştır ve plastik çiviler kullanılmıştır. Böylece sistemin duyarlılığı artırılmış ve en ufak metallere bile daha hassas davranabilecek hale getirilmiştir. Pnömatik kısım ise (pistondaki metallerden dolayı), başlık bobinini ve sistemi yanıltmayacak kadar uzak bir mesafeye yerleştirilmiştir (0,5 m). Şekil 3.32 ‘de görüldüğü gibi cihaz gövde uzunluğu 1,2 m, başlık alanı ise 0,15 m^2 ‘dir. Piston kolu ile bobinin bulunduğu başlık arası 0,5m ‘dir. Bu mesafenin ayarlanmasında, başlık içerisinde bulunan bobinin, pistonun metal gövdesinden etkilenmemesi ve yanlış işlemlere sebep olmaması amaçlanmaktadır. Bobinin bulunduğu başlık, MDF ile kaplanmış ve böylece hem bobin koruma altına alınmış hem de daha estetik bir görünüm kazandırılmıştır. Taşıma bandının her iki başında bulunan makaraların çapları; 0,03 m ‘dir. Başlık tarafındaki makara içinse, taşıma bandının gerdirilmesi amacı ile her iki kenardan 0,05 m ‘lik gerdirme payı bırakılmıştır. Böylece bant daha gergin bir vaziyette çalışabilecek ve üzerinde ürünler varken boşa dönmesi ve kayması engellenmiş olacaktır.

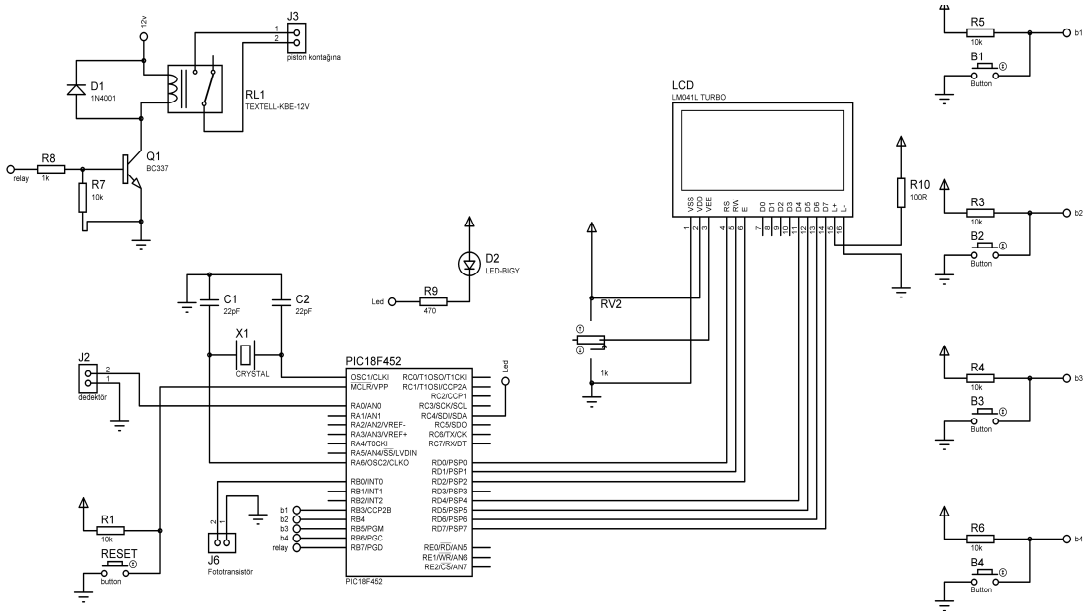


Şekil 3.32. Sistem gövdesinin fiziksel ölçümlendirilmesi

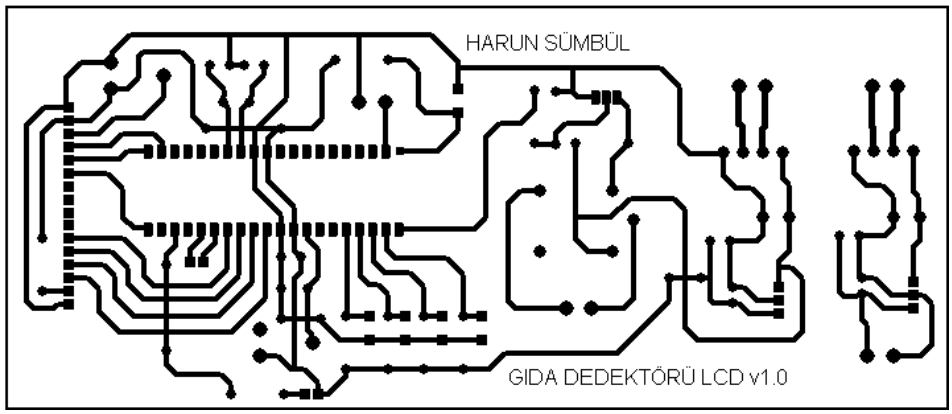
3.2.3. Elektronik sistem

3.2.3.1. Sistem kontrol devresi

Aşağıdaki devre şemasında J_2, PIC' in RA0/AN0 ayağına giren analog veriyi göstermektedir. C_1 ve C_2 kristal ile birlikte saat darbesi üreten devreyi oluşturmaktadır. Devrede 20 MHz kristal kullanılmaktadır. RD_0...RD_7 pinleri ise LCD' ye bağlıdır. LCD olarak, 4x16 karakter LCD kullanılmıştır. Devre şeması ve baskı devresi Şekil 3.33 ve Şekil 3.34' de görülmektedir.

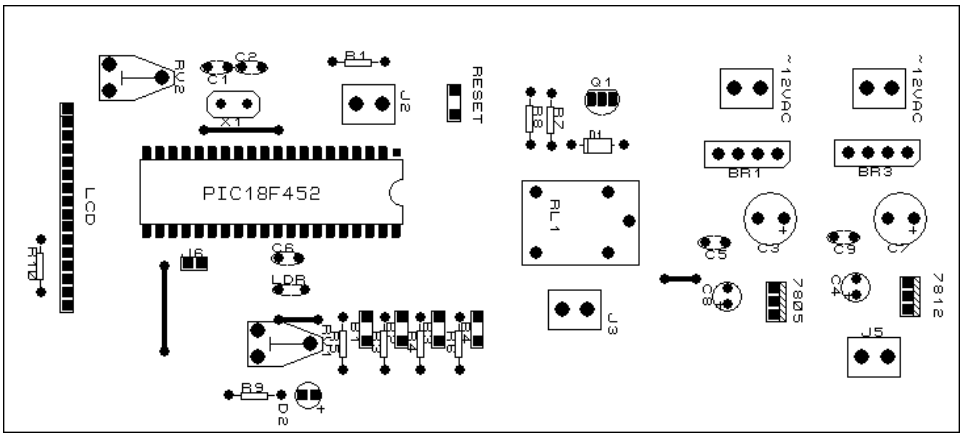


Şekil 3.33. Kontrol devre şeması.



(a)

Şekil 3.34. Kontrol kartı baskı devresi (a) ve üst görünüş (b).

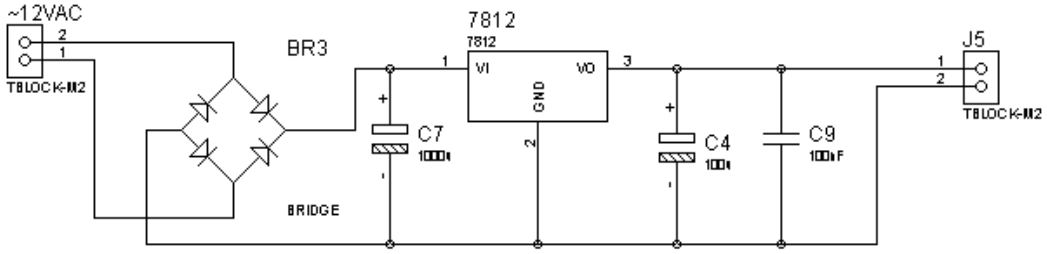


(b)

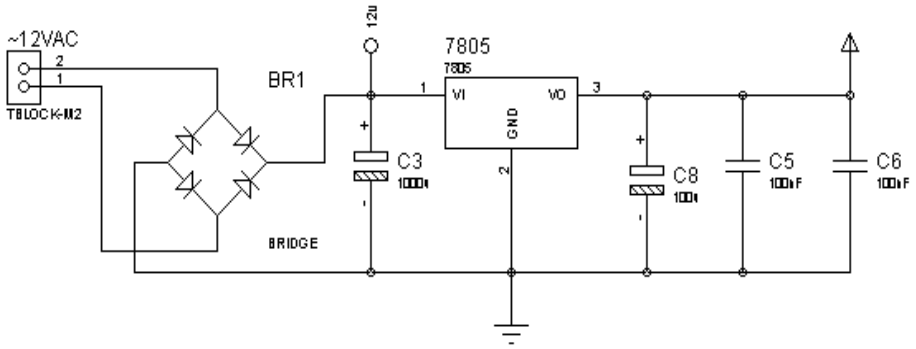
Şekil 3.34. Kontrol kartı baskı devresi (a) ve üst görünüş (b).

3.2.3.2. Sistem Besleme Devreleri

Devrede TBLOCK girişleri, transformatörden gelen besleme girişidir. Bobin GND ve -V ile beslenecektir. +V ve -V daha sonra GND' ye göre *regüle* edilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.35. Besleme devreleri. (a) Algılayıcı devresi için, (b) Kontrol kartı için.

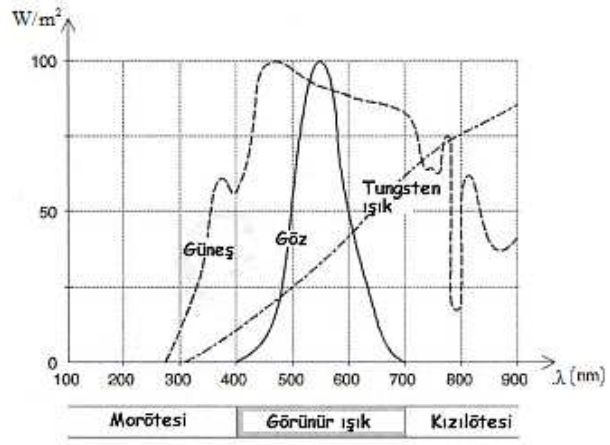
Şekil 3.35 ’de görüldüğü gibi 7812 entegresi 12V ‘luk giriş gerilimini 12 V ‘a regüle ederken, 7805 entegresi de 12V ‘lup giriş gerilimini 5V ‘a düşürmektedir. Sistemde 2 adet besleme kullanmanın amacı, birincisi algılayıcı regülâtörüdür (a), diğeri ise kontrol kartının beslemesi içindir (b). Böylelikle hassasiyeti bozabilecek en ufak parazitlerin dahi önüne geçilmiştir.

3.3.3.3. Ürün Sayıcı

Gerçekleştirilen sistemde, yürüyen bant üzerindeki geçen ürünleri saydırma işlemi için, 4 adet (IR) *infrared* led ve 1 adet fototransistor kullanılmıştır.

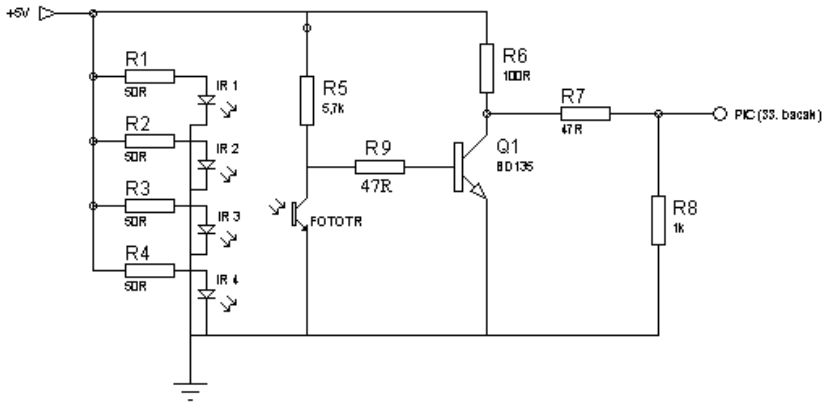
IR led, normal ledin birleşim yüzeyine galyum arsenid maddesi katılmamış halidir. Yani görünmez (kızılötesi) ışıktır. IR ledler, televizyon veya müzik setlerinin kumandalarında, kumandanın gönderdiği frekansı televizyon veya müzik setine iletmek için kullanılır. Bu sensorunun çalışmasındaki temel fikir; kızılötesi ışık atmalar (pulse) şeklinde yollanır. Işık, sensörün görüş açısında yol alır. Eğer sensörün önünde bir cisim yok ise ışık sensöre geri dönmez ve sensörde önünü boş olarak algılar. Ancak önünde bir cisim var ise, yansıyan ışık atması fototransistor tarafından algılanır. Burada önemli olan nokta; IR led ve fototransistor seçimidir. Çünkü IR led ile fototransistor çalışma frekansları eşit olmalıdır. Aksi halde fototransistor, IR ledinden gelen ışığı algılamaz.

Bu sistemde LDR (Light Dependent Resistor) kullanılmamasının sebebi, LDR ‘nin farklı ışık ortamlarından çok kolay etkilenmesidir. Yani sistem bir fabrika ortamında çalışırken, LDR ye sızan en ufak bir ışık veya ortamda elektrik kesilmesinden kaynaklanabilecek bir karanlık olduğunda, LDR yanlış değer verecek ve bu yüzden de sayılan ürün miktarında bir hata oluşabilecektir. Bu yüzden normal ışıkta çalışan LDR yerine, daha büyük dalga boyunda çalışan (700-900nm) IR led tercih edilmiştir. Şekil 3.36‘ da ışığın dalga boyları görülmektedir.



Şekil 3.36. IR sensorünün kullandığı ışığın dalga boyları

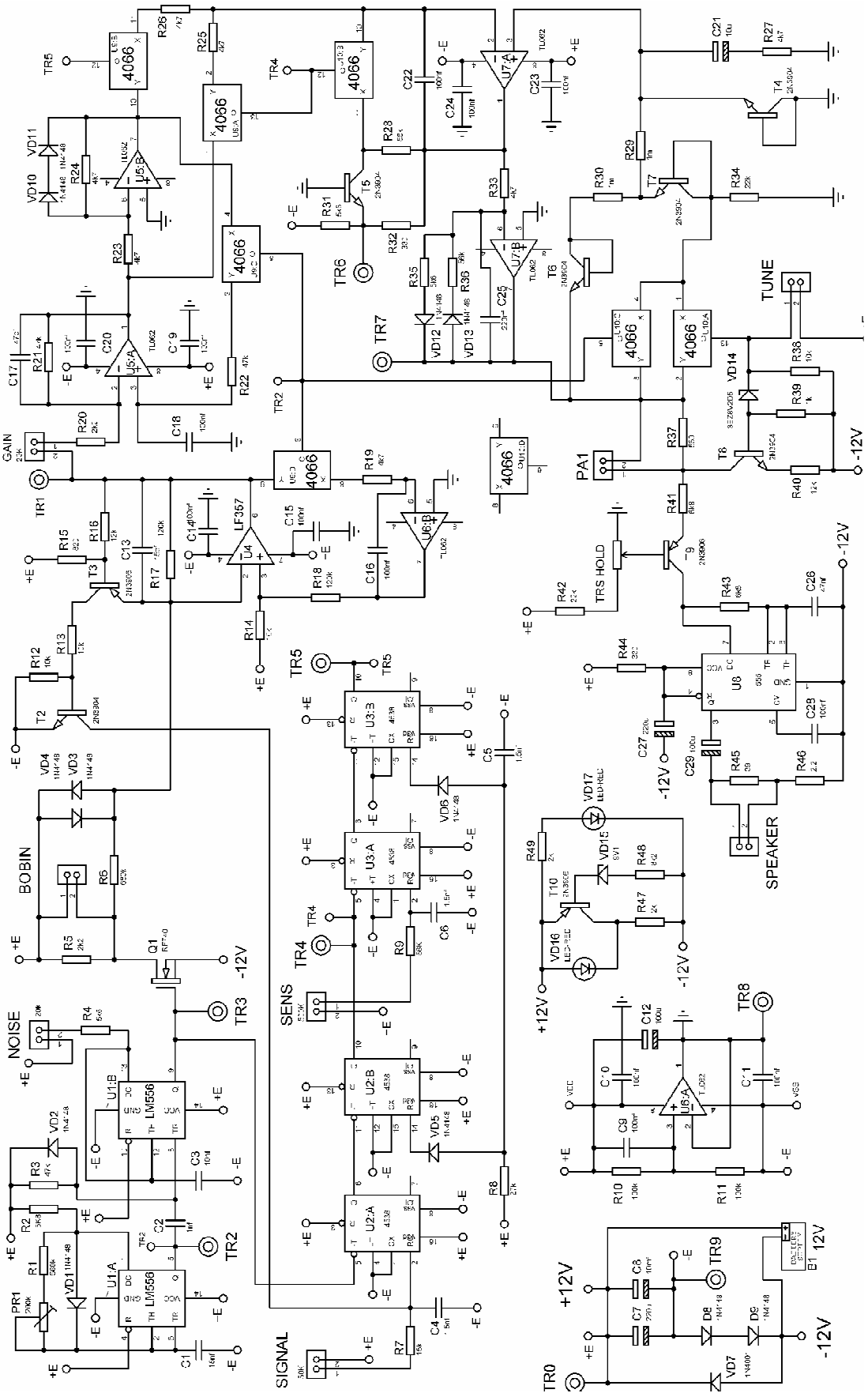
Ürün saydırma işlemi için, yukarıda anlatıldığı üzere 4 adet IR led ve 1 adet de foto transistor tercih edilmiştir. Bura da fototransistorun beyzine bir ışık düştüğü zaman, yani önüne bir engel gelip de, IR ledlerden yayılan ışık, bu engelden yansıyıp fototransistorun beyzine düştüğü zaman, fototransistorun kolektör ve emiter arası kısa devre olacak ve bu da fototransistorun kolektörüne bağlanmış BD135 transistorunun beyzini toprağa çekecektir. Böylelikle de BD135 'in kolektöründe +5V oluşacak, bu oluşan gerilimde PIC 'in 33. pinini tetikleyecektir. Buradaki R8 direncinin görevi ise, PIC' in çalışma esnasında olumsuz etkilenmemesi için toprağa vermiştir. Şekil 3.37 'da ürün saydırma devresi görülmektedir.



Şekil 3.37. Ürün sayma devresi

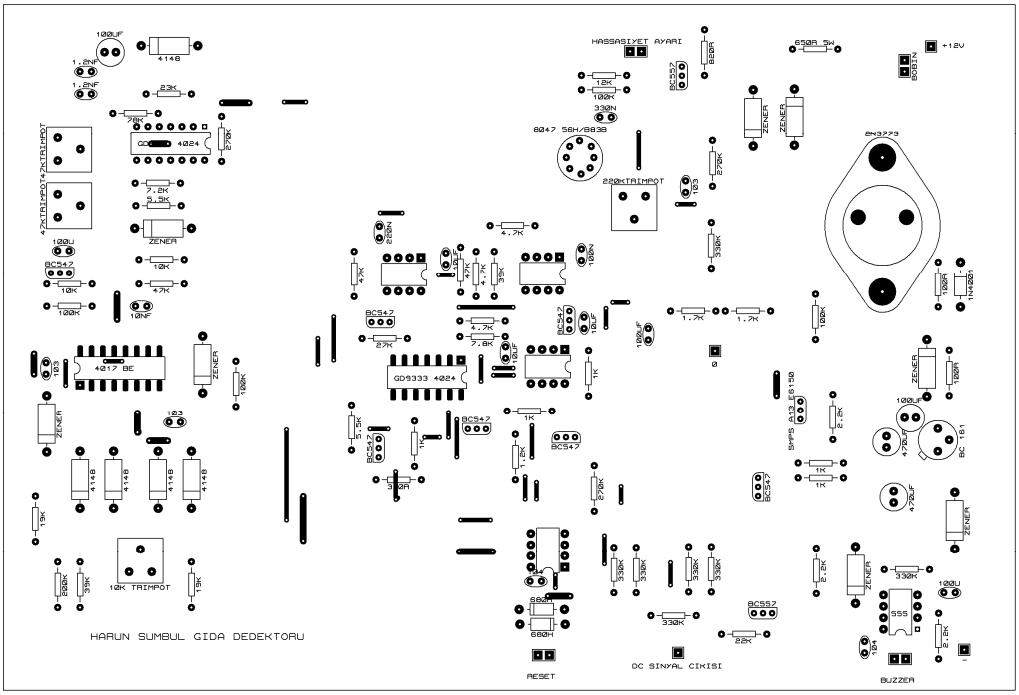
3.3.3.4. Algılayıcı Devresi

Şekil 3.38 ’de de görüldüğü gibi devre oldukça büyük ve karmaşıktır. PI sistemle yapılan algılayıcı devresi birçok bölümden oluşmaktadır. Bunlar yukarıdaki bölümlerde kat kat anlatılmıştır. Aşağıdaki şekilde de bütün katların birleşmiş hali görülmektedir (Akgöz A.,2010).

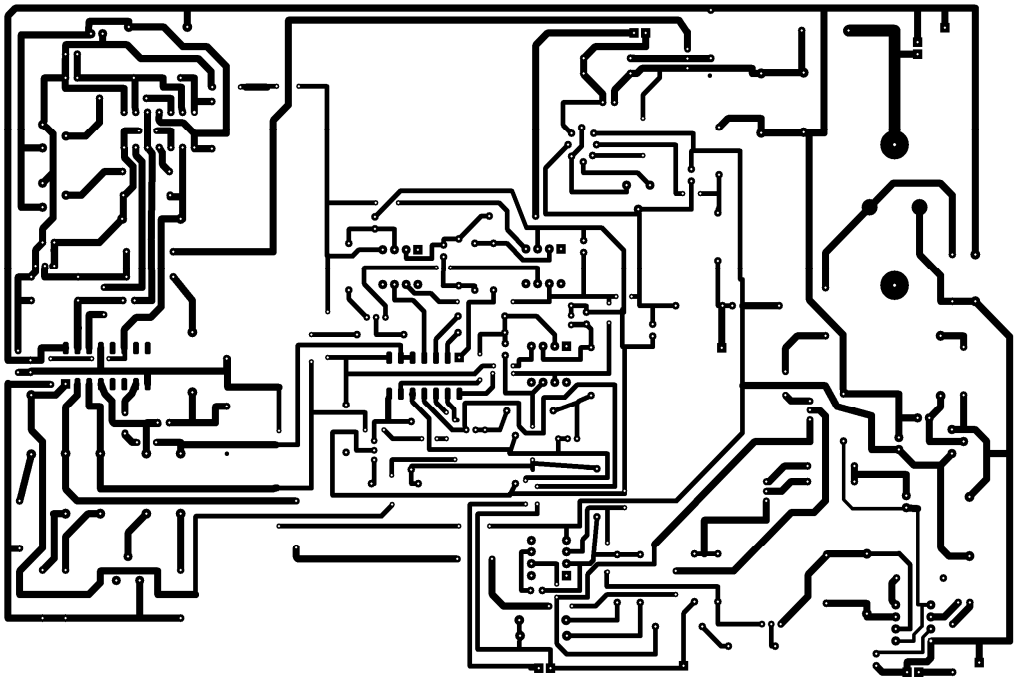


Şekil 3.38. Gerçekleştirilen sistemin algılayıcı devresi

Şekil 3.39 ve 3.40 ’de devreye ait PCB çizimi görülmektedir.



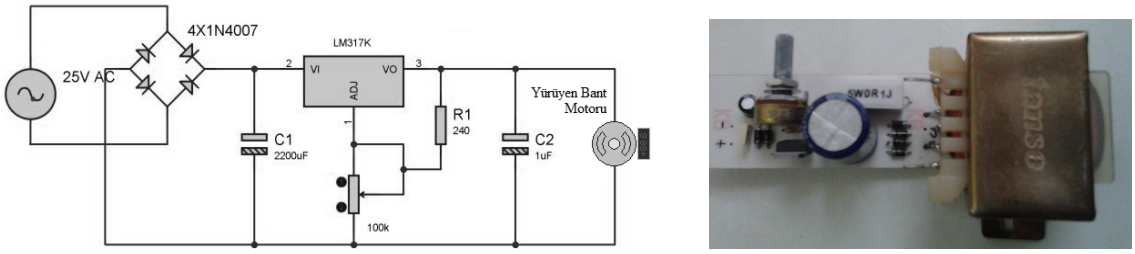
Şekil 3.39. PI Metal algılayıcı devresi (üst görünüş).



Şekil 3.40. PI metal algılayıcı baskı devresi.

3.3.3.5. Motor için Ayarlı Gerilim Kaynağı Devresi

Gerçekleştirilen sistemde motor hızının, dolayısıyla bant hızının sabit olması istenmiş ve bunu gerçekleştirmek içinde Şekil 3.41 ‘ de görülen devre yapılmıştır. Buna göre motor gerilimi, şekilde de görüldüğü gibi, bir potansiyometre ile ayarlı hale getirilmiştir. Motor girişine yerleştirilen bir açma kapama anahtarı ile motora hareket verilmekte ve eğer istenir ise de, devre üzerinde bulunan potansiyometre yardımı, motor gerilimini artırmak suretiyle bant hızı artırılabilmektedir. Bu sayede sistemin çalışma hızı ve zamanı istenildiği gibi ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.41. Motor için ayarlı gerilim kaynağı devresi.

3.3. Raporlama Ünitesi

3.3.1. PIC16F452 mikrodenetleyicisi

Bir otomasyon sisteminin en önemli kısmını, elektronik beyin olarak adlandırılan, sisteme göre programlanabilen elektronik cihazlar oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, PIC16F452 mikro denetleyicisinin kullanılması incelenmiştir. Bu çalışmada, bir PIC (*Peripheral Interface Controller*) mikro denetleyicisi için program hazırlanması, hazırlanan programın mikro denetleyiciye yüklenmesi ve uygulama devresi ile birlikte çalışmasına kadarki aşamalar, gerekli program ve malzemeler tek tek tanıtılmış, PIC programlamaya yeni başlayanların da faydalanabileceği bir çalışma ortaya çıkmıştır.

3.3.2. Yazılım

Mikro denetleyiciler için yazılmış çok sayıda derleyici bulunmaktadır. Örneğin *Forest Electronics* firmasının sunduğu FED C, *Hi-Tech* firmasının ürünü olan PICC ve

yine aynı firmanın ürünü olan ve ücretsiz olarak verilen PICC Lite, CCS firmasının PCM ve PCW derleyicileri ve bunun gibi daha birçok program mevcuttur. Ayrıca yine bu işlemciyi programlayabilecek PICBasicPro adlı yazılımda birçok kullanım avantajlarına sahiptir. Burada yazılım için tercih edilen derleyici, oldukça popüler olan PICC ‘dir ve bu yazılımı PIC ‘e yüklemek içinse *Brenner usburn111a2* adlı programı kullanılmıştır. Program komut satırları EK-1 ‘de verilmiştir. (İbrahim D.,2003).

Yazılımda sürekli bir çevrim tekrar edilmektedir. O çevrimde de öncelikle LCD ekranın satırlarında yazması gereken veriler güncellenmektedir. Ardından da hatalı ürünün geçip geçmediği ve ürün sayacı bilgileri güncellenmektedir. Daha sonra da hatalı ürün var ise ve ürün, IR algılayıcısı tarafından algılanmışsa, piston ile itmek için zaman sayacı devreye girmekte ve en son olarak ta butonlara basılıp basılmadığı kontrol edilmektedir. Basılmış ise gerekli işlemler yaptırılmaktadır. Bununla ilgili ayrıntılar ve program akış diyagramı aşağıda mevcuttur.

Programda ilk başta, LCD pinleri ve butonlar tanımlanmış olup alt kısımda ise kullanılacak değişkenler tanımlanmaktadır (kare, esik, zaman, toplam, hata, asim, gecis, piston, z_sayac).

Sonra tanımlanan değişkenlere belirli değerler atanmıştır (esik=2, zaman=2, toplam=0, hata=0, asım=0, gecis=0, piston=0, z_sayac=0).

Daha sonra ise cihaz açıldığında ekranda gözüken,

“GIDA DEDEKTORU”,
“YL.OGR.:H.SUMBUL”,
“DANISMAN:”
“PROF.DR.S.HERDEM”

bilgileri, ekranın ilgili satır ve sütunlarına yazdırılmaktadır [lcd_gotoxy(x,y);].

Programın ilgili kısımlarında ‘ // ‘ işareti ile gerekli açıklamalarda yazılmıştır.

Daha sonra sırası ile LCD ‘nin 1., 2., 3., ve 4. satırları için gerekli program kodları yazılmıştır.

1. satırda; detektörden gelen analog sinyal, PIC in 2 numaralı RA0 ayağına bağlanmıştır. Kullanılan mikrodenetleyici 10 bitlik ADC (*Analog digital converter*) donanımına sahiptir. 10 bitlik veri; 2^{10} = 1024 tür. 10 bitlik en büyük sayı ise 1023 ‘tür. Yani detektörden en büyük analog gerilim olan 5V geldiğinde, bu 1023 olarak okunur. 5/1023= 0,0048 V = 4,8mV analog girişteki gerilimi gösterir. Yani PIC ‘ın bu bacağına 4,8mV geldiği anda bunu algılayabilmektedir. LCD ekranda ise 16 karakter vardır. 1023/16= 63,9. Bu değer, dijital olarak LCD ‘ deki 16 karenin her birinde, ne kadar

analog gerilimin olabileceğini göstermektedir. 16 kareden her biri 0, 3625mV ‘u göstermektedir. Yani 0,3625mV analog gerilime karşılık ADC 63,9 dijital değerini üretmektedir. Böylelikle gelen çok küçük değerdeki analog sinyaller bile hassas bir şekilde PIC ‘te görülebilmektedir. Buradaki ‘floor’ fonksiyonu da bulunan değerin virgülden sonraki kısmını kesmekte ve tam sayı yapmaktadır. Hemen alttaki ‘for’ döngüsü ile de bu 16 kare kontrol edilmektedir. Bu döngü, 16 ‘ya kadar dönmektedir (İ<16). Bu arada da LCD ‘nin ilgili satırına her döngü için ‘ö’ karakterini yazdırmaktadır. Bu özel bir karakterdir ve LCD ekranında kare şeklinde çıkmaktadır. Daha sonra, bu döngü sayesinde analog girişten gelip dijitale çevrilmiş sinyal her seferinde döngü sayısı ile karşılaştırılmakta ve eğer bu sinyal büyük ise ekrana ‘ö’, yani kare işareti yazdırılmakta, değilse de boşluk attırılmaktadır.

2. satırda; yine ‘for’ döngüsü açılmış ve her seferinde daha önce belirlediğimiz (butonlar ile) *esik* değişkeni değeri ile i değişkeni arasında bir karşılaştırma yapılmaktadır. Eğer *esik* değeri, i değişkeninden büyük ve eşit ise (if(esik>=i)), ekranın ilgili yerine (lcd_gotoxy(i+1,2)) kare işareti yazdırılmakta, değilse de boşluk bıraktırılmaktadır.

3. satırda; piston zamanı ile ilgilidir. Bu zaman cihaz üzerindeki butonlar yardımı ile artırılıp azaltılabilmektedir. Hatırlanacağı üzere zaman değişkenine ilk başta 2 değeri yüklenmişti (zaman=2). Bu değer yaklaşık 1s’ ye denk gelmektedir. Programın sonunda her çevrim için 20 ms’ lik bir gecikme konmuştur (delay_ms(20)). Saniye olarak gecikme buradan kaynaklanmaktadır. Birde butonlara basılma esnasında bir gecikme söz konusudur. Her buton için 75ms gecikme konmuştur (delay_ms(75)). Bunun sebebi ise, butonları dokunmatik olmaktan çıkarmak ve bir dokunuşta birden fazla dokunulmuş gibi davrandırmamaktır.

4. satırda; ürün sayacı program kodları görülmektedir. Burada da 1. satırda tanımlanan kare değişkeni (algılayıcıdan gelen analog sinyalin dijitale çevrilmiş ve yuvarlanmış değeri) ile ilk başta tanımlanan *esik* değişkeni karşılaştırılmakta, buna göre *asim* . *hata* ve *piston* değişkenleri 1 artırılmaktadır. Buradaki en önemli nokta, sistemin kararlı çalışması için yazılan;

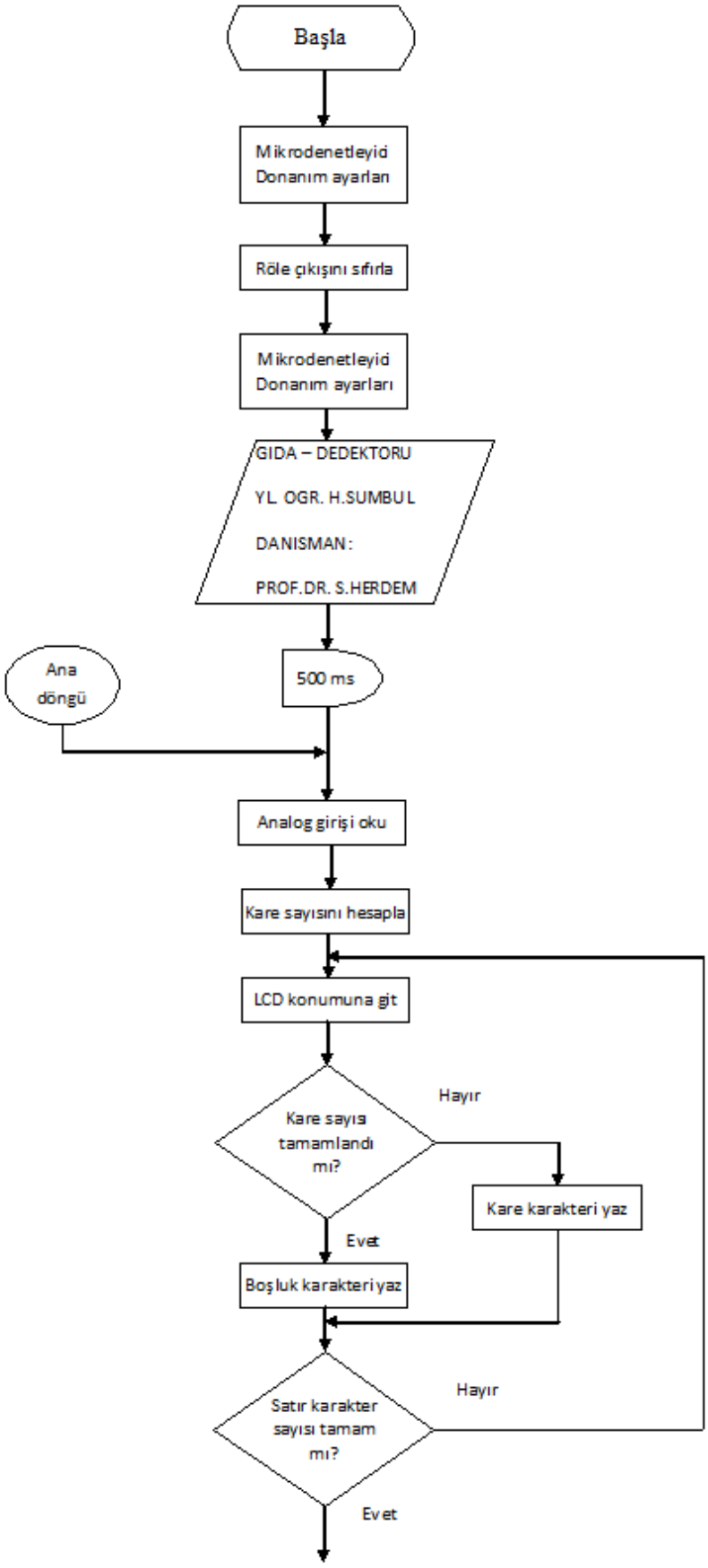
```
if(input(ldr)==1)
{
  if(asim==1)
  {
    //hata=hata+1;toplam=toplam+1;
    piston=1;
  }
```

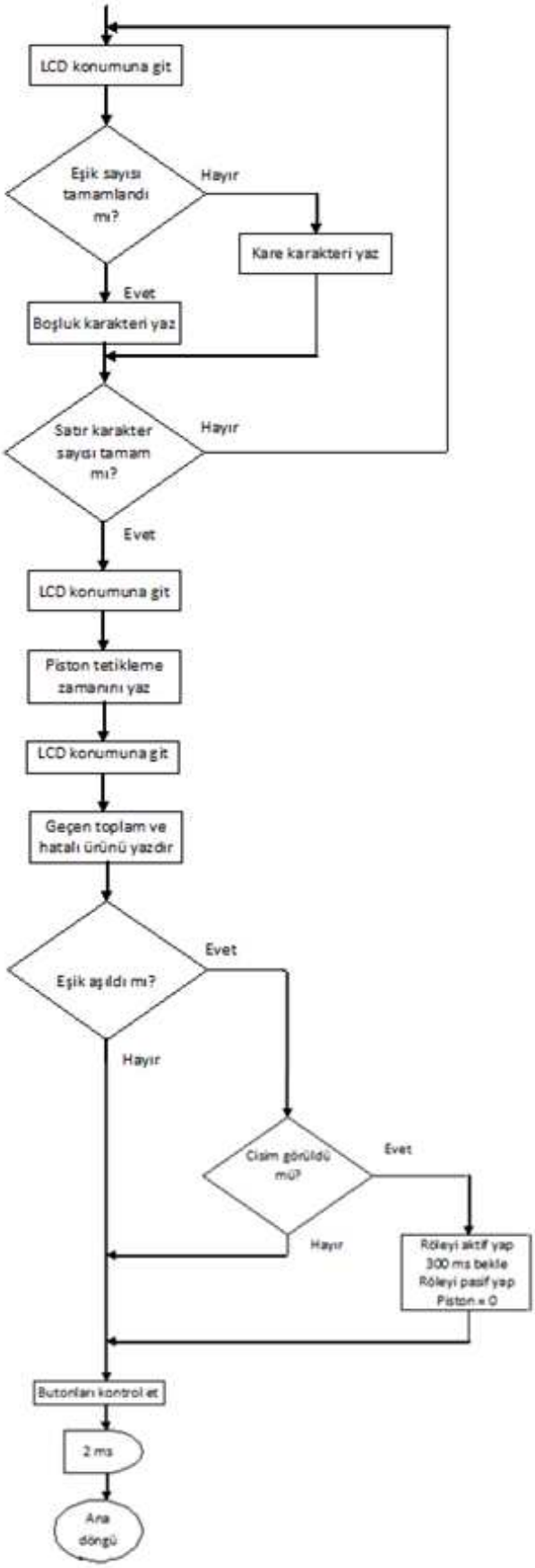
kodlarıdır. Buradan da görüldüğü gibi, piston sadece algılayıcıdan gelen bilgiye göre hareket etmemekte, IR sensordan gelen bilgiyi de beklemektedir. Eğer ki hem algılayıcıdan hem de IR sensorundan bir bilgi gelmişse, yani hatalı ürün algılayıcıdan geçip sayıcı devresinin önüne gelmişse, piston hareket edecektir. Böylelikle pistonun rastgele çalışmasının önüne geçilmiş ve sistem kararlı bir hale getirilmiştir.

Gerekli gecikmelerde ayarlandıktan sonra (IR sensor ve piston arasındaki mesafelerden dolayı) kart üzerinde bulunan röle iletime geçirilmekte (output_hight(role)) ve röle kontaklarına bağlı piston kontakları tetiklenip piston kol hareket ettirilmektedir.

Butonlar; bu kısımda ise, cihaz üzerinde bulunan butonlara basılıp basılmadığı kontrol edilmekte ve buna göre LCD üzerindeki değerlerin değiştirilmesi sağlanmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği gibi her bir buton kontrolünde 75ms ‘ lik bir gecikme konmuştur.

Sisteme ait yazılım algoritması Şekil 3.42’ deki gibidir;

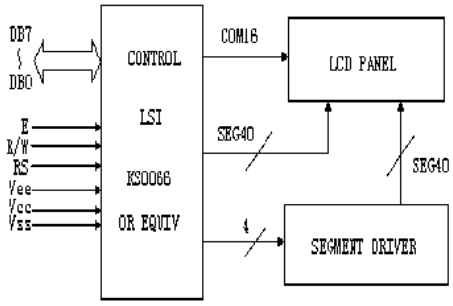

Başla
Mikrodenetleyici Donanım ayarları
Röle çıkışını sıfırla
Mikrodenetleyici Donanım ayarları
GIDA – DEDEKTORU
YL. OGR. H.SUMBUL
DANISMAN:
PROF.DR. S.HERDEM
Ana döngü
500 ms
Analog girişi oku
Kare sayısını hesapla
LCD konumuna git
Kare sayısı tamamlandı mı?
Hayır
Kare karakteri yaz
Evet
Boşluk karakteri yaz
Satır karakter sayısı tamam mı?
Hayır
Evet



Şekil 3.42. Yazılım algoritması

3.3.4. LCD ekran

Kullanılan LCD ekran, 4 satırlı, 16 karakterli karakter LCD ‘dir. LCD, 5 VDC gerilim ile çalışmaktadır. Aşağıdaki blok şemada da gösterildiği gibi $D_0 \ldots D_7$ uçları, 8 bitlik veri giriş-çıkışı için kullanılır. V_{ss}, toprak bağlantısı iken, V_{cc}, + 5V besleme ucudur. Şekil 3.43’ de LCD blok şeması görülmektedir.



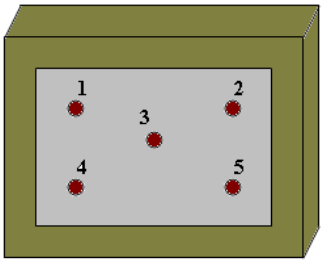
Şekil 3.43. LCD ekran blok şeması.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Gıda ürünlerinin arzu edilen miktar ve kalitede üretilebilmesi için tüm dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerde yoğun şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Gıda maddeleri içerisinde bulunabilecek olan her boyuttaki metal parçacıklar, önemli bir halk sağlığı problemi olup, birçok hastalığa yol açan risk faktörlerinin de başında gelmektedir. Özellikle bebek gıdaları göz önüne alındığında durumun önemi daha da dikkat çekici olmaktadır.

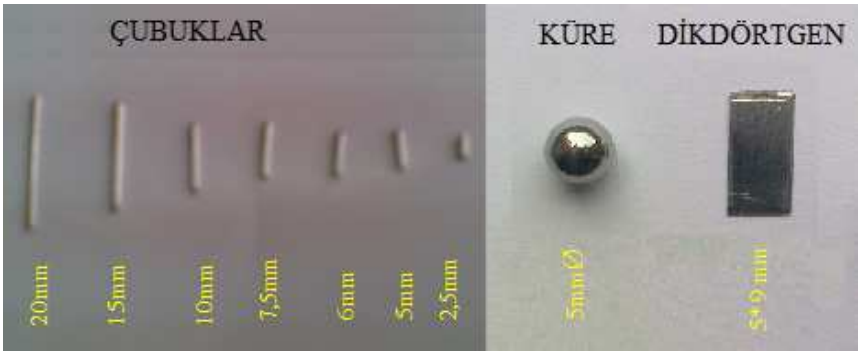
Bu çalışmada, üretim aşamalarında gıda maddelerine çeşitli yollarla karışan demir ve demir bileşenli parçacıkların tespit edilmesi ve parçacık tespit edilen ürünlerin pnömatik bir piston kolu yardımı ile üretim bandından uzaklaştırılması işlemlerini gerçekleştiren bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem ve donanımı hakkındaki gerekli bilgiler EK-3 ‘de verilmiştir. EK-3 incelendiğinde görüleceği gibi, elektromanyetik algılayıcı içerisinden geçen ürün içerisinde herhangi bir metal parçacığı taşıyor ise sesli alarm verilmektedir ve buna bağlı olarak da ürün, IR sensörünün önüne geldiğinde pnömatik piston kolu yardımı ile yürüyen bant sistemi üzerinden uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca sistem üzerindeki LCD ekran aracılığı ile geçen ürün miktarı hakkında rapor verilebilmektedir. LCD ekran satırları ile ilgili gerekli açıklamalar EK-2 ‘de verilmiştir. Raporda ayrıca, metal algılayıcıdan geçen toplam ürün miktarı (T) ile içerisinde metal bulunan hatalı ürün miktarı (H) hakkında bilgiler de yer almaktadır.

Peynir içerisindeki manyetik özellikli parçacıkların tespiti için ilk başta metal algılayıcı başlığının iç alanı, demir parçacıklarının ürün içerisinde bulunması muhtemel pozisyonlarına göre, 5 bölgeye ayrılmıştır. Yani peynir içerisindeki demir parçalarının algılayıcıdan geçerken başlığa hangi noktalara yakın geçebileceği tahmin edilmiştir. Bu durum Şekil 4.1‘de görülmektedir.



Şekil 4.1. Başlığın ayrıldığı bölümler

Daha sonra Şekil 4.2 ‘de görüldüğü üzere, deneylerde kullanılmak üzere belirli boy ve ağırlıklarda **çubuk, küre** ve **dikdörtgen** şekilli demir numuneleri oluşturulmuştur.



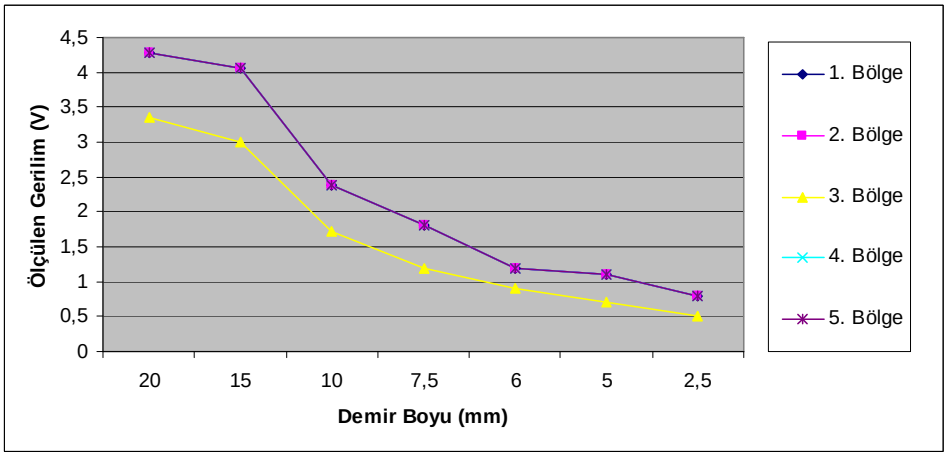
Şekil 4.2. Deney için hazırlanan çeşitli şekillerdeki demir parçaları

Oluşturulan demir parçacıkları çok hassas bir terazide tartılmış ve daha sonra sırası ile algılayıcının 5 bölgesinden geçirilerek algılayıcının verdiği çıkış gerilimleri ölçülmüştür. Çubuk numuneleri verileri (ağırlık, boy ve algılayıcı çıkış gerilimleri) Çizelge 4.1 ‘e, küre ve dikdörtgen şekilli numunelerin verileri (ağırlık ve algılayıcı çıkış gerilimleri) ise Çizelge 4.2 ’ye kaydedilmiştir. Aynı zamanda algılayıcı üzerinde bulunan LCD ekrandan da her bir numune ve bölge için kaç karenin gösterildiği ve algılanabilirliği gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. Demir çubuk numunelerinin boy, ağırlık ve bunlara bağlı verdikleri algılayıcı gerilim değerleri

Demir Boyu (mm)	**Demir Ağırlığı (mg)**	**Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)**					**LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı**					**Tespit edilebilme**
		1. Bölge	**2. Bölge**	**3. Bölge**	**4. Bölge**	**5. Bölge**	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	
20	73,2	4,28	4,28	3,36	4,28	4,28	16	16	13	16	16	Evet
15	61,5	4,06	4,06	2,99	4,06	4,06	15	15	9	15	15	Evet
10	30,7	2,38	2,38	1,73	2,38	2,38	10	10	5	10	10	Evet
7.5	27	1,8	1,8	1,2	1,8	1,8	8	8	4,5	8	8	Evet
6	20,5	1,2	1,2	0,9	1,2	1,2	5	5	3,5	5	5	Evet
5	16,7	1,1	1,1	0,7	1,1	1,1	4	4	2,5	4	4	Evet
2.5	9,4	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	Çok Az

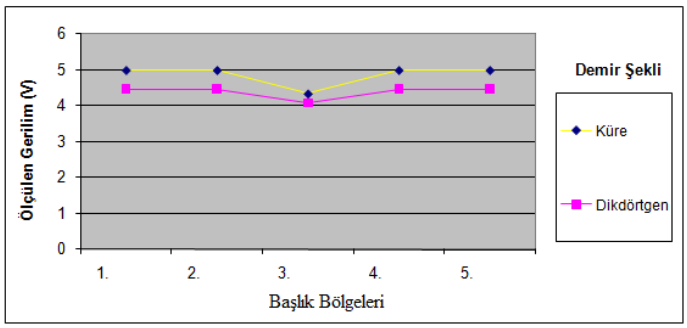
Çizelge 4.1 ‘den elde edilen veriler bir grafiğe aktarılmış ve Şekil 4.3 elde edilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, 3. bölgedeki gerilim seviyesi, diğer bölgelerdeki gerilim seviyelerine göre daha azdır. Grafikte 2 eğri varmış gibi görülmesinin sebebi; 3. bölge hariç diğer 4 bölgeden elde edilen verilerinde aynı olmasındandır. Yani 1. 2. 4. ve 5. bölgelerdeki manyetik alanların aynı olduğu anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak ta algılayıcı, bu bölgelerde hep aynı sonucu vermiştir.



Şekil 4.3. Farklı boylardaki demir çubuklarının farklı bölgelerde verdikleri gerilim değerleri

Çizelge 4.2. Küre ve dikdörtgen şeklindeki numunelerden elde edilen algılayıcı gerilim değerleri

Numune Şekli (demir)	Ağırlığı (mg)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı					Tespit edilebilme
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	1.	2.	3.	4.	5.	
Küre	510	4,98	4,98	4,33	4,98	4,98	16	16	16	16	16	Evet
Dikdörtgen	80	4,46	4,46	4,08	4,46	4,46	14	14	15	14	14	Evet



Şekil 4.4. Küre ve dikdörtgen şekilli demirlerin farklı bölgelerde verdikleri gerilim değerleri

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 incelendiğinde, başlığın 3. bölgesinde algılayıcı çıkış gerilimlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durumun sebebi, 3. bölgedeki manyetik alan şiddetinin zayıf olmasıdır. Yani bu bölgedeki manyetik akı yoğunluğunun (B) azalmasıyla manyetik alan şiddeti (H) de azalmaktadır. Ayrıca bu durum cihaz üzerindeki LCD ekranda metal seviyesini gösteren karelerin sayısının da azalmasına sebep olmuştur. Metal boyu ve ağırlığı azaldıkça, algılayıcının verdiği çıkış gerilimi de azalmaktadır.

Daha sonra, demir parçaları, Şekil 4.5 ‘de görülen, 4 çeşit peynirin içerisine sıra ile yerleştirilmiş ve sırasıyla başlığın 5 bölgesinden de geçirilmiştir.



Şekil 4.5. Deneyde kullanılan çeşitli peynir tipleri

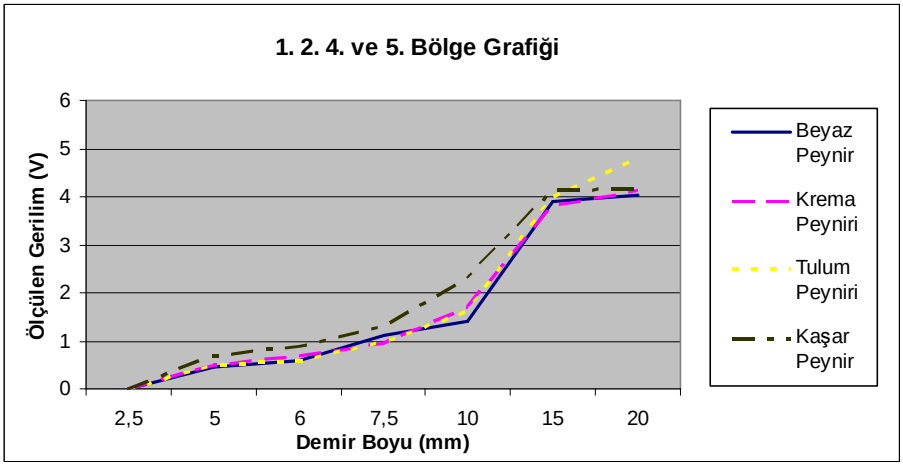
Bu işlem sonucunda elde edilen değerler EK-4 ‘deki çizelgelere kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çubuk demir parçacıkları için, kaşar peynir ve tulum peynirinin 3. bölge gerilim değerleri karşılaştırıldığında, tulum peynirinden elde edilen değerlerin daha az olduğu görülmektedir. Yani kaşar peyniri içerisindeki metallerin tespiti, tulum peynirinin içerisindeki metallerin tespitine göre daha kolay yapılabilmektedir.

Aynı durum küre ve dikdörtgen şeklindeki metal numuneleri içinde geçerlidir. Yani içerisinde küre veya dikdörtgen şeklindeki metal parçası bulunan tulum ve kaşar peynirden, kaşar için daha yüksek değerler elde dilmiştir. Ayrıca elde edilen bu değerlerin çubuk şeklindeki parçalara göre daha yüksekte olması da dikkat çekmektedir.

Son olarak her peynir tipinin, aynı boylardaki ve aynı bölgelerdeki demir parçalarına göre verdikleri gerilim değerlerini karşılaştırmak üzere Çizelge 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 oluşturulmuş, bu çizelgelere göre de Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9 ‘deki grafikler elde edilmiştir

Çizelge 4.3. Çubuk numuneleri için 1. 2. 4. ve 5. bölge verileri

Metal boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)			
	Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peyniri
2.5	0	0	0	0
5	0,45	0,5	0,5	0,7
6	0,6	0,7	0,6	0,9
7.5	1,1	0,95	1	1,3
10	1,4	1,7	1,6	2,3
15	3,9	3,8	4,01	4,14
20	4,02	4,12	4,8	4,15

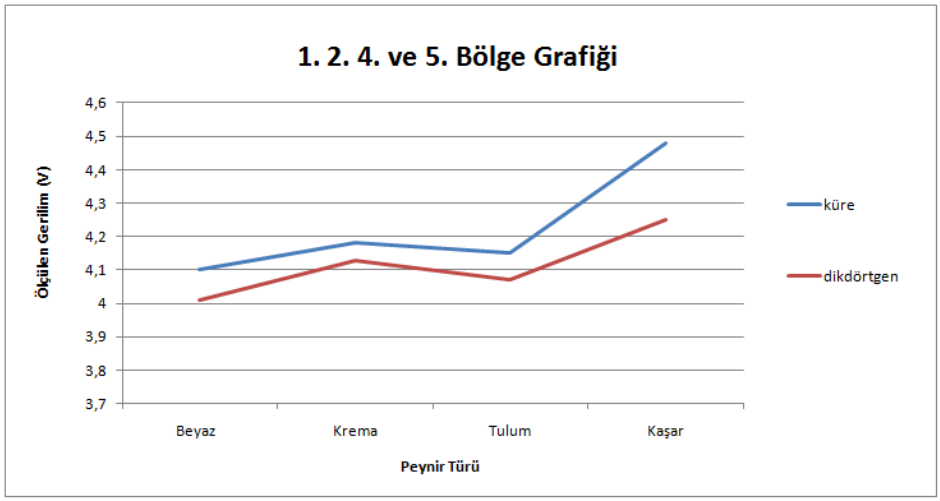


Şekil 4.6. Çubuk numuneleri için 1.2.4. ve 5. bölgelerden elde edilen sonuç grafiği

Burada 1. 2. 4. ve 5. bölgelerden elde edilen değerler aynı olduğundan, ayrı ayrı değerlendirilmemiş, birlikte değerlendirilmiştir. Yalnızca en zayıf bölge olan 3. bölge verileri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.4. Küre ve dikdörtgen şekilli demir parçacıkları için 1. 2. 4. ve 5. bölge verileri

Metal Şekli	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)			
	Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peyniri
Küre	4,10	4,18	4,15	4,48
Dikdörtgen	4,01	4,13	4,07	4,25

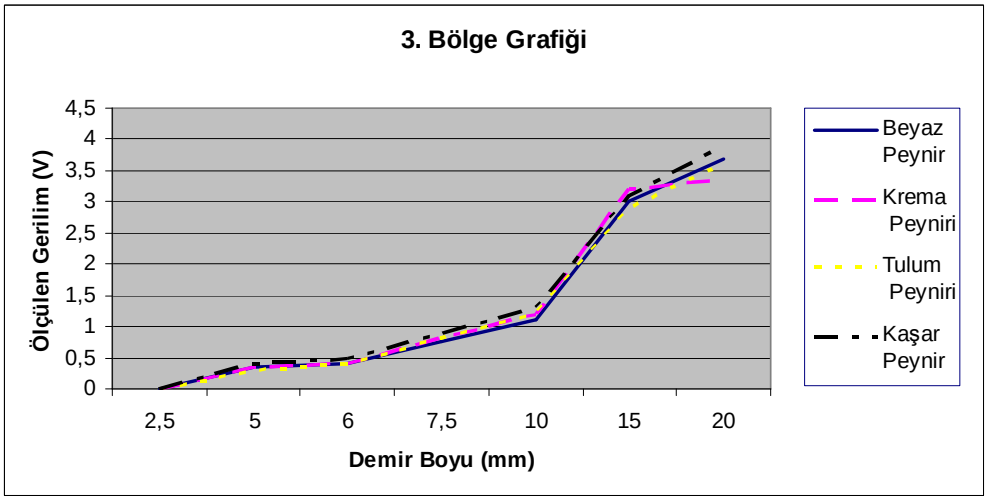


Şekil 4.7. Küre ve dikdörtgen şekilli demir parçacıkları için 1. 2. 4. ve 5 bölgelerden elde edilen sonuç grafiği

Çubuk numunelerinden elde edilen değerleri gösteren Çizelge 4.3. dikkatle incelendiğinde, 2,5mm uzunluğundaki demir parçacığı için, deneyde kullanılan peynir tiplerinin hiçbirisi için herhangi bir sonuç alınamadığı görülmektedir. 5mm boyutundaki demirler içinse en iyi yanıt kaşar peynirinde alınmasına rağmen, en az gerilim değeri beyaz peynir içerisindeki demir parçasından alınmıştır. Krema peyniri ve tulum peyniri aynı tepkiyi vermişlerdir.

Çizelge 4.5. Demir çubuklar için 3. bölge verileri

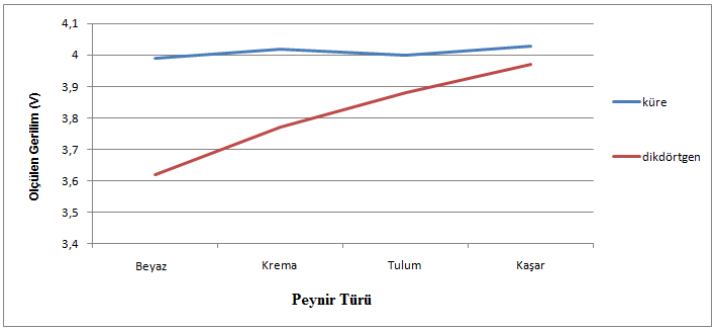
Metal boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)			
	Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peyniri
2.5	0	0	0	0
5	0,35	0,35	0,3	0,4
6	0,4	0,4	0,4	0,5
7.5	0,75	0,8	0,8	0,9
10	1,1	1,2	1,2	1,3
15	3	3,2	2,9	3,1
20	3,7	3,37	3,6	3,9



Şekil 4.8. Demir çubuk numuneleri için 3. bölgeden elde edilen sonuç grafiği

Çizelge 4.6. Küre ve dikdörtgen şekilli demir parçacıkları için 3. bölge verilerini

Metal Şekli	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)			
	Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peyniri
Küre	3,99	4,02	4	4,03
Dikdörtgen	3,62	3,77	3,88	3,97



Şekil 4.9. Küre ve dikdörtgen şekilli demir parçacıkları için 3. bölgeden elde edilen sonuç grafiği

Küre ve dikdörtgen şekilli numunelerden elde edilen değerleri gösteren çizelgeler incelendiğinde, her iki parçacık içinde, deneyde kullanılan peynir çeşitlerinden en iyi yanıt kaşar peynirinde alınmasına rağmen, en az gerilim değeri beyaz peynir içerisindeki demir parçasından alınmıştır. Yine dikkat çeken bir diğer husus ise, küre şeklindeki metal parçasından elde edilen değerlerin en yüksek çıkmasıdır.

Yapılan deney sonuçları dikkatle incelendiğinde, gerçekleştirilen sistemde, tüm bölgeler için küre şekilli demir parçacıklarının tespiti, diğer şekillerdeki parçacıkların tespitine göre daha iyi olduğu gözlenmiştir. Yani çubuk, dikdörtgen gibi belirli bir eni ve boyu olan demir parçacıkları, eğer ürün içerisinde yatay bir vaziyette ise tespit edilebilmiş, diğer durumlarda tespiti mümkün olmamıştır. Tablolar da, buna göre oluşturulmuştur. Yani sistem küre şekilli demir parçacıkları için, ürünün neresinde olursa olsun ve hangi bölgeden geçecekse geçsin tüm durumlar için oldukça kararlı çalışmaktadır. Maksimum yakalama ise 3. bölgede zayıf olasına rağmen (manyetik akı yoğunluğunun azlığından dolayı), diğer bölgelerde çok iyidir. Bu durum grafiklerden daha iyi anlaşılmaktadır.

Ayar A. ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada peynir çeşitlerine ait mineral madde değerlerini incelemiş ve Çizelge 4.7. ’yi elde etmişlerdir.

Çizelge 4.7. Farklı peynirlerde belirlenen mineral değerleri (mg/100g)

Peynir Türleri	Mineral türleri ve değerleri (mg/100g)					
	Ca	P	Mg	Fe	Na	Cu
Beyaz	637	807	37.36	0.19	1511	0.12
Örgü	993	1815	67.16	0.42	3318	0.55
Lor	449	948	33.5	0.11	616	0.00
Çivil	701	1708	47.03	0.54	1599	0.26
Kaşar	1172	2103	65.23	0.82	1605	0.52
Tulum	918	955	40.11	0.71	670	0.33

Çizelge 4.7. incelendiğinde, elektriksel iletkenlik bakımından önemli olabilecek Na, Cu, Fe mineralleri için en yüksek değerler kaşar peynirinden elde edilmiştir.

Atasever S., ve ark. (1997), yaptıkları bir çalışmada sütte bulunan en önemli anyon ve katyonların Na, Cl ve K olduğunu ve elektriksel iletkenliğin belirlenmesinde bu minerallerin önemli işlevlere sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Çizelge 4.7 'de de görüldüğü gibi en yüksek Na değeri kaşar peynirden alınmıştır.

Çizelge 4.8. Piyasadan rastgele toplanan değişik peynir örneklerine ait kimyasal özellikler

Peynir Türü	Kurumadde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Tuz (%)	pH
Tulum	53.56*±4.56	25.93±2.23	23.33±1.50	4.09±0.32	5.36±0.21
Beyaz	35.80±2.33	14.26±1.01	17.16± 1.86	3.42±0.91	4.30±0.26
Kaşar	63.16±4.92	29.16±1.29	27.66±4.63	4.09±0.80	4.84±0.33
Küflü	48.88±3.81	36.20±2.61	4.16± 0.75	5.46±1.04	5.98± 0.59
Çivil	43.96±2.56	34.40±1.92	4.08±1.42	3.87±0.54	5.02± 0.27
Lor	31.47±2.49	13.11±0.89	13.16±2.31	1.77±0.49	4.86±0.58
Örgü	58.38±2.62	27.71±1.85	22.20±4.63	6.14±1.32	5.03±0.14

Çizelge 4.8. 'de ise çeşitli peynir örneklerine ait kimyasal özellikler görülmektedir (Ayar A. ve ark., 2006). Kimyasal özellikler incelendiğinde deneyde kullandığımız peynir örnekleri içerisinden en yüksek değerler yine kaşar peynirinde bulunduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen sistemden elde edilen deney sonuçları değerlendirilirken Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'deki bilgiler de göz önünde bulundurularak daha isabetli yorumlar yapılabilir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen sistem, gıda ürünleri içerisindeki farklı şekillerde (çubuk, küre, dikdörtgen) bulunan metal parçacıkları tespit edebilmekte ve tespit ettiği hatalı ürünü insan müdahalesi olmaksızın otomatik olarak, üretim bandı üzerinden atabilmektedir. Bu yönde bir çalışma yapılarak gıda üretim sistemleri için bir konveyör tasarlanmış ve bu prototip üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Bu sistemin gıda üretim tesislerindeki önemli bir boşluğu, uygun bir maliyet ile dolduracağı düşünülmektedir.

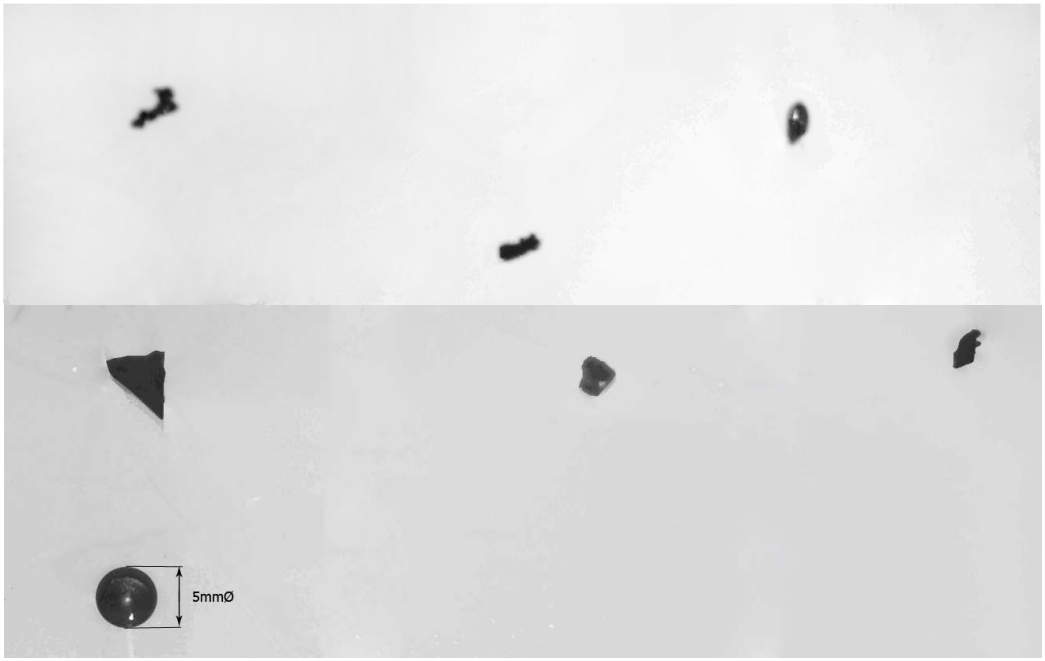
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Demir, yerkabuğunda en çok bulunan metaldir ve tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır. Tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95' ini oluşturur. Düşük fiyatı ve yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı, otomotiv, gemi yapımı, binaların yapısal bileşeni, silah yapımı ve gıda makineleri yapımı olmak üzere daha birçok alanda olmazsa olmaz bir öneme sahiptir.

Gıda endüstrisinde kullanılan makinelerin ve cihazların çoğunluğu, demir metalinden yapıldığından, bu makinelerin kullanımı esnasında gerek bu makinelerden kopan ve gerekse de çalışma sürecinde sürtünmeden dolayı ufalan demir parçacıkları, üretim esnasında gıda maddelerine karışabilmekte ve insan sağlığı için tehlikeli durumlar oluşturabilmektedir.

Bu çalışmada, üretim esnasında gıda maddeleri içerisine çeşitli yollarla karışmış manyetik özellikli metal parçacıklarının tespit edilmesi ve içerisinde metal tespit edilmiş olan ürünlerin paketleme ünitesine girmeden, yürüyen bant üzerinde iken, pnömatik bir sistemle bant dışarısına itilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretim araçlarının birçoğu, demir gibi manyetik özellikli maddelerden oluştuğundan ve bu manyetik özellikli parçaların, ürün içerisine girme ihtimali daha çok olduğundan, tespit işlemi için elektromanyetik algılayıcı kullanılmıştır. Yani sistem; manyetik özelliği olmayan malzemelerle (kağıt, plastik, cam, poşet vb..) paketlenmiş ürünlerin (un, şeker, pirinç, irmik, makarna, şehriye vb..) kontrolü için idealdir. Ama manyetik özellikli bir kutuya girmiş (teneke kutu vb.) ürünlerin (peynir, yoğurt vb.) incelenmesi amacıyla da kullanılabilmektedir. Bu tür ürünler, paketleme ünitesine girmeden önce, gerçekleştirilen sistemden geçirildikten sonra paketlenebilirler. Buna örnek olması açısından aşağıda açıklandığı gibi, teneke kutu ve plastik kutu içerisindeki çeşitli peynirler sistemden geçirilmiş ve oldukça güzel sonuçlar alınmıştır. Poşet içerisindeki peynir (kaşar) direk geçirilmiş, teneke kutu içerisindeki peynir ise (beyaz peynir) kutudan çıkarılıp geçirilmiş ve içerisinde metal olup olmadığı incelenmiştir. Böylece her iki durum için de sistemin kullanılabilirliği görülmüş ve ürünün tüketiciye gönül rahatlığı içerisinde ulaştırılması sağlanmıştır. Görüldüğü gibi, kullanım alanı çok geniş olan bu çalışma büyük öneme sahiptir.

Yapılan analizler sonucu elde edilen hatalı bazı ürünler aşağıda görülmektedir. Şekil 5.1. dikkatle incelendiğinde bu konunun ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.1. Çeşitli gıda maddeleri içerisinden çıkan demir parçaları

KAYNAKLAR

Abbasov, T. ve Herdem, S., 2003, Manyetik Filtrasyon İşlemlerine Etkiyen Temel Teknolojik Parametrelerin Analizi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, İstanbul, cilt 2, s. 361-363.

Akgöz A., 2010, Darbe indükiyonlu metal detektörü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 13-34.

Anonim, 2010, http://www.yilmazbelt.com/gida.htm, Yılmaz kayış Konya, erişim saat 13:57.

Anonim, 2010, www.geotech1.com/pages/metdet/projects/.../HHv1p5.pdf, Moreland C., Hammerhead Pulse Induction Metal Detector, erişim saat 09:18.

Anonim, 2006, Tarım ilaçları çalışma grubu raporu, , Ankara 1-54.

Anonymous, 2010, http://www3.telus.net/chemelec/Projects/Metal/Metal.htm. 2010, erişim saat 16.04.

Atasever S., Erdem H., 2008, Süt Sığırlarında Mastitis ile Sütün Elektriksel İletkenliği Arasındaki İlişkiler, J. Of Fac. Of Agric., OMU, 23(2): 131-136

Ayar A., Akın N., Sert D., 2006, Bazı Peynir Çeşitlerinin Mineral Kompozisyonu ve Besleme Yönünden Önemi, Türkiye 9. Gıda Kongresi; Bolu

Chen Z., Li O., Liu C., Yang X., 2009, Electromagnetic induction detector with a vertical coil for capillary electrophoresis and microfluidic chip, Sensors and Actuators B 141, 130–133.

Conners G. P., 2005, Diagnostic uses of metal detectors: a review, Int J Clin Pract 59(8):946-949.

Cubadda F., Giovannangeli S., Iosi F., Raggi A., Stacchini P., 2003, Chromium determination in foods by quadrupole inductively coupled plasma–mass spectrometry with ultrasonic nebulization, Food Chemistry 81, 463–468.

Duke-Rohner M., 2007, Evolution of the food industry e People, tools and machines, Trends in Food Science & Technology 18, 9-12.

Edwards M.C., Stringer M.F., 2007, Observations on patterns in foreign material investigations, Food Control 18, 773–782.

Espinoza M., Olea Azar C., Massiff G., Villa A., 2008, Development of a reference material for copper and iron in wine, Journal of Food Composition and Analysis 21 () 684– 688.

He D.F., Yoshizawa M., 2002, Metal detector based on high-Tc RF SQUID, Physica C 378–381, 1404–1407.

Heide O., 2007, Hygienic design solutions for food conveyor belts, Trends in Food Science & Technology 18, 89-92.

İbrahim D., 2003, ISBN: 975-6 897-18-X, ERA Bilgi Sitem Yayıncılıkve Elektronik, İstanbul, 83-120.

Jennifer S. Kosse, Andrew C. Yeung, Ana I. Gil, Dennis D. Miller, 2001, A rapid method for iron determination in fortified foods, Food Chemistry 75 ,371–376.

Mello L. D., Kubota L. T., 2002, Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries, Food Chemistry 77, 237–256.

Oymak T., Tokalıoğlu Ş., Yılmaz V., Kartal Ş., Aydın D., 2009, Determination of lead and cadmium in food samples by the coprecipitation method, Food Chemistry 113, 1314–1317.

Silvestre M.D., Lagarda M.J., Farre R., Martinez-Costa C., Brines J., 2000, Copper, iron and zinc determinations in human milk using FAAS with microwave digestion, Food Chemistry 68, 95-99.

Sarıtaş İ., Herdem S., 2009, Controllıng The Magnetic Fılters By Usıng Fuzzy Logıc Method, ISSN 1302/6178, Journal of Technical-Online, Volume 8, Number:3.

Sarıtaş İ, Özkan İ. A., Herdem S., 2009, The Magnetıc Fılter And Systems Controled By Artıfıcıal Neural Network, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye.

Tanaka S., Hatsukade Y., Ohtani T., Suzuki S., 2009, SQUID sensor application for small metallic particle detection, Journal of Magnetismand Magnetic Materials 321, 880–883.

Yalçın Ö., Tekinşen K.K., 2010, Konya'da tüketime sunulan beyaz salamura, tulum ve kaşar peynirlerinin ağır metal içeriklerinin araştırılması, Etlik Vet Mikrobiyol Derg. 21, 5–10.

EKLER

EK-1 Mikrodenetleyici kodları (PIC C Program Kodları)

```
#include "ded_lcd.h"
#include "math.h"

#byte RCON=0xfd0
#bit  b1=RCON.2
#bit  b2=RCON.3
#fuses WDT128

#define ldr  pin_b0
#define led  pin_c5
#define role pin_b7
#define bu_y pin_b3
#define bu_a pin_b4
#define bu_sa pin_b5
#define bu_so pin_b6

#define LCD_ENABLE_PIN  PIN_D2
#define LCD_RS_PIN      PIN_D0
#define LCD_RW_PIN      PIN_D1
#define LCD_DATA4       PIN_D4
#define LCD_DATA5       PIN_D5
#define LCD_DATA6       PIN_D6
#define LCD_DATA7       PIN_D7
#include "LCD.c"


long analog;
int kare,i,esik,zaman,toplam,hata,asim,gecis,piston,kare1,kare2;
int16 z_sayac,z_sayac2,z_esik;

void delay_ms2(int16 t)
{
  int16 f;
  for(f=0;f<t;f++)
  {
    delay_ms(1);
    restart_wdt();
  }
}

void main()
{

  setup_adc_ports(AN0);
  setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_4);
  setup_psp(PSP_DISABLED);
  setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
  //setup_wdt(WDT_OFF);
  setup_wdt(WDT_ON);
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
  setup_timer_1(T1_DISABLED);
  setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
  setup_timer_3(T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
  //Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillator Config tab
```

```
// TODO: USER CODE!!

output_low(role);

esik=2;
zaman=2;
toplam=0;
hata=0;
asim=0;//dedektör sinyalnin eþiði aþtýðý zaman 1 olacak
gecis=0;//ürün sayma aktif deðiþkeni ürünün geçiþi esnasýnda 1 oluyor
piston=0;//hatalý ürün pistonunu aktif yapan deðiþken
z_sayac=0;//piston zamanlayýcý sayacý
z_sayac2=0;//piston zamanlayýcý sayacý

delay_ms2(500);

lcd_init();
LCD_PUTC("\f");

spe_char();

/*for(;;)
{
  output_high(led);delay_ms2(250);
  output_low(led);delay_ms2(250);
}
*/

  lcd_gotoxy(1,1);
  printf(LCD_PUTC, "GIDA - DEDEKTORU");
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(LCD_PUTC, "YL.OGR.:H.SUMBUL");
  lcd_gotoxy(1,3);
  printf(LCD_PUTC, "DANISMAN:       ");
  lcd_gotoxy(1,4);
  printf(LCD_PUTC, "PROF.DR.S.HERDEM");
  delay_ms2(5000);
  LCD_PUTC("\f");

for(;;)
{
  if(b2==0)
  {
    esik=read_eeprom(0);
    zaman=read_eeprom(1);
    toplam=read_eeprom(2);
    hata=read_eeprom(3);
  }
  restart_wdt();
  //1. satır
  //üst bar
  analog=read_adc();
  kare=floor(analog/63.9);
  for(i=0;i<16;i++)
  {
    lcd_gotoxy(i+1,1);
    if(kare>=i)
      printf(LCD_PUTC, "ö");
    else
      printf(LCD_PUTC, " ");
```

```
}

//2. satır
//esik barý
for(i=0;i<16;i++)
{
  lcd_gotoxy(i+1,2);
  if(esik>=i)
    printf(LCD_PUTC, "ö");
  else
    printf(LCD_PUTC, " ");
}

//3. satır
//piston zamaný
lcd_gotoxy(1,3);
printf(LCD_PUTC, "PISTON Z.: %3d",zaman);

//4. satır
//ürün sayacý
lcd_gotoxy(1,4);
printf(LCD_PUTC, "T: %3d H: %3d",toplam,hata);

if(kare>esik)
{
  kare1=kare;
  for(i=0;i<50;i++)
  {
    analog=read_adc();
    kare=floor(analog/63.9);
    delay_ms2(1);
  }
  kare2=kare;
if(kare>esik && kare2>kare1 && kare<13 && asim==0)
{
  asim=1;hata=hata+1;toplam=toplam+1;
  write_eeprom(2,toplam);write_eeprom(3,hata);
  //piston=1;
  delay_ms2(20);
}
}

if(input(ldr)==1)
{
  if(asim==1)
  {
    //hata=hata+1;toplam=toplam+1;
    piston=1;
  }
  else
  {
    if(gecis==0)
    {
      toplam=toplam+1;write_eeprom(2,toplam);
      gecis=1;
    }
  }
  delay_ms2(20);
}
```

```
    if(input(ldr)==0)gecis=0;

    if(piston==1)
    {
      for(i=0;i<zaman;i++)
      delay_ms2(500);
      output_high(role);
      delay_ms2(300);
      output_low(role);
      piston=0;
      asim=0;
    }

    /*if(piston==1)
    {
      z_sayac=z_sayac+1;

      if(z_sayac==zaman)
      {
        z_sayac=0;
        z_sayac2=z_sayac2+1;
      }
      if(z_sayac2==100)
      {
        output_high(role);
        delay_ms2(300);
        output_low(role);
        piston=0;
        z_sayac=0;
        z_sayac2=0;
      }
    }*/

    if(input(bu_y)==0 && esik<16){esik=esik+1;delay_ms2(75);write_eeprom(0,esik);}
    if(input(bu_a)==0 && esik>0){esik=esik-1;delay_ms2(75);write_eeprom(0,esik);}

    if(input(bu_sa)==0 && zaman<100){zaman=zaman+1;delay_ms2(75);write_eeprom(1,zaman);}
    if(input(bu_so)==0 && zaman>0){zaman=zaman-1;delay_ms2(75);write_eeprom(1,zaman);}

    delay_ms2(2);
  }

}
```

EK–2 LCD ekran ve ekran satırlarının açıklamaları



Şekil 4.1. LCD ekran

Görüldüğü gibi LCD ekran 4 satırdan oluşmaktadır;

1. SATIR: Sensordan geçen ürün içerisindeki metal seviyesini gösterir.

2. SATIR: Ürün içerisinde bulunan metal için referans miktarını belirler. Yani metal algılama eşik barıdır. Bu ayarlama işi cihaz üzerindeki butonlar sayesinde hassas bir şekilde yapılabilmektedir.

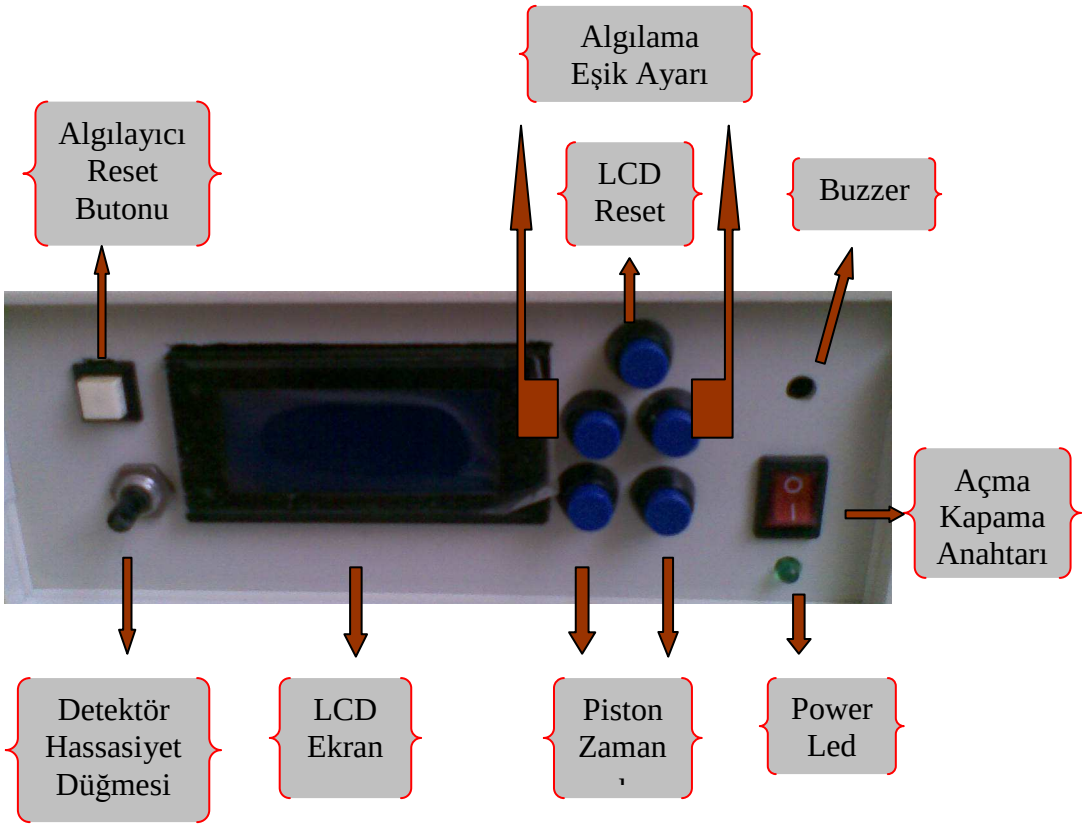
3. SATIR: Sensor ile piston arasında ki süreyi gösterir (böylelikle piston hemen hareket etmez ve uzun boylu ürünler için de ayarlama yapılabilmektedir). Bu piston zamanı ayarlama işi, cihaz üzerindeki butonlar sayesinde hassas bir şekilde yapılabilmektedir.

4. SATIR: Sensordan geçen toplam ürün miktarı (T) ve hatalı ürün sayısını (H) gösterir.

EK-3 Gerçekleştirilen sistemin yapısı ve bileşenleri



Şekil 1. Gerçekleştirilen cihaz ve yürüyen bant sistemi



Şekil 2. Gerçekleştirilen cihaz üzerindeki anahtar ve butonların görevleri.

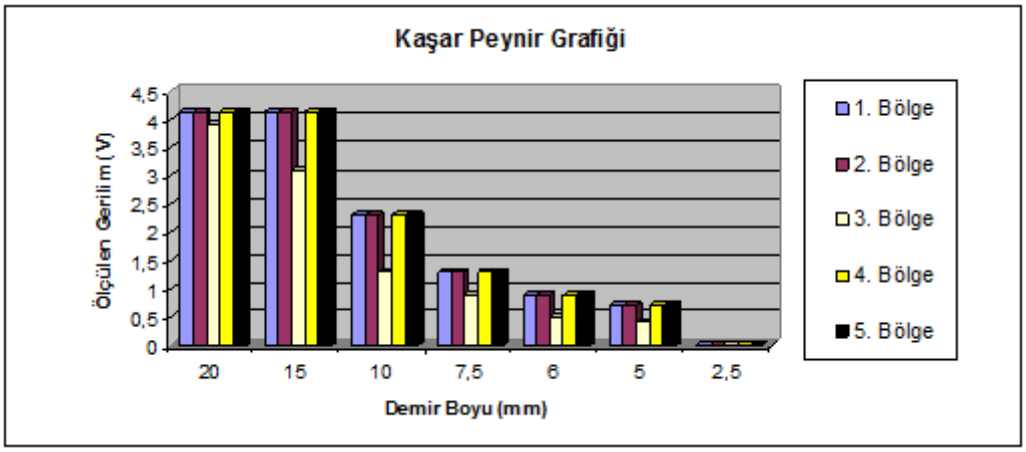
EK-4 Peynirlerden elde edilen çizelgeler ve şekiller

Kaşar peynir grafikleri;

Çizelge1. Kaşar peyniri içerisine yerleştirilen demir çubuk parçalarından elde edilen sonuçlar

Metal çubuk boyu (mm)	**Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)**					**Tespit edilebilme**
	1. Bölge	**2. Bölge**	**3. Bölge**	**4. Bölge**	**5. Bölge**	
20	4,15	4,15	3,9	4,15	4,15	Evet
15	4,14	4,14	3,1	4,14	4,14	Evet
10	2,3	2,3	1,3	2,3	2,3	Evet
7.5	1,3	1,3	0,9	1,3	1,3	Evet
6	0,9	0,9	0,5	0,9	0,9	Evet
5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	1.2.4.5. bölgelerde Evet
2.5	-	-	-	-	-	Hayır

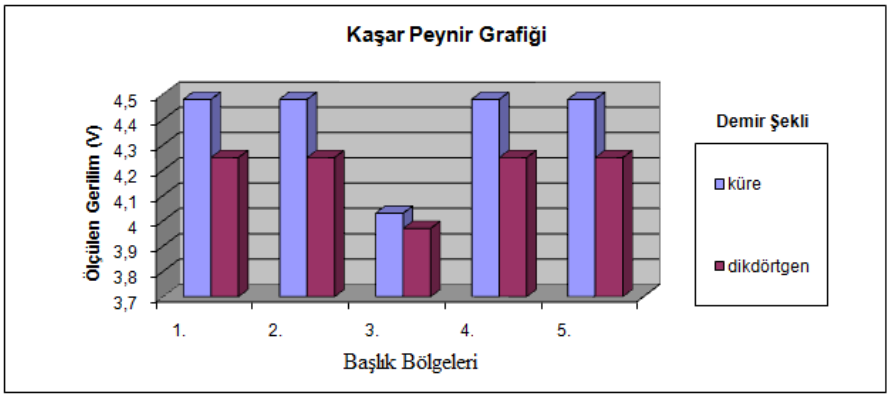
(Çizelge1. ‘den de anlaşılacağı üzere, kaşar peyniri içerisindeki demir çubuk parçacıklarından 6mm ‘ye kadarı tespit edilebilmiş, yalnızca 2,5mm boyundaki numune tespit edilememiştir. 5mm boyundaki metal parçaları ise ancak kenar bölgelere yakın geçer ise tespit edilebilmiştir. Bu durum Şekil1 ‘de daha açık görülmektedir.)



Şekil 1. Kaşar peynirin içerisindeki demir çubuk parçalarının verdiği yanıtlar

Çizelge 2. Kaşar peynir içerisine yerleştirilmiş küre ve dikdörtgen şeklindeki demir numunelerinden elde edilen algılayıcı gerilim değerleri

Numune Şekli	Ağırlığı (mg)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı					Tespit edilebilme
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	1.	2.	3.	4.	5.	
Küre	510	4,48	4,48	4,03	4,48	4,48	16	16	16	16	16	Evet
Dikdörtgen	80	4,25	4,25	3,97	4,25	4,25	15	15	14	15	15	Evet

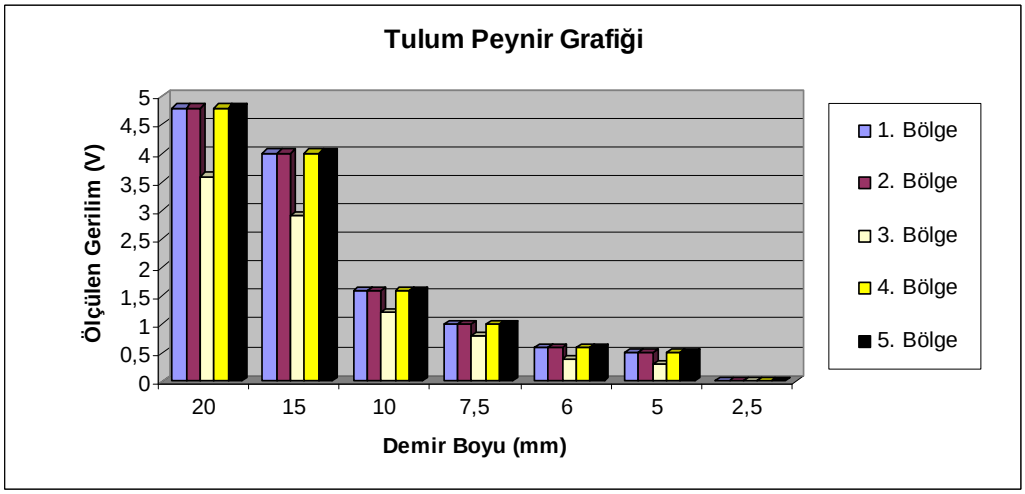


Şekil 2. Kaşar peynirin içerisindeki demir küre ve dikdörtgen parçalarının verdiği yanıtlar

Tulum peynir grafikleri;

Çizelge 3. Tulum peyniri içerisine yerleştirilen demir çubuk parçalarından elde edilen sonuçlar

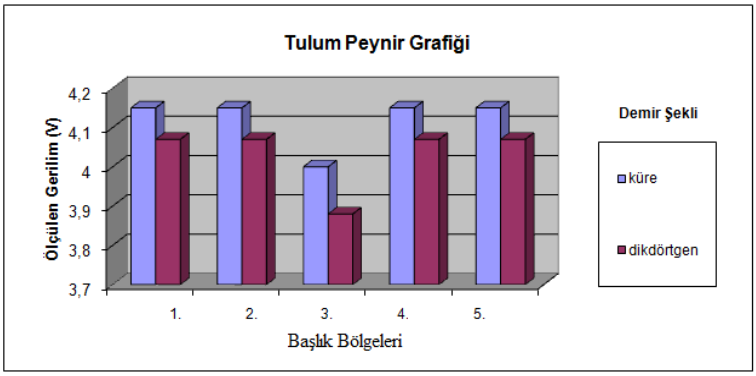
Metal çubuk boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					Tespit edilebilme
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	
20	4,8	4,8	3,6	4,8	4,8	Evet
15	4,01	4,01	2,9	4,01	4,01	Evet
10	1,6	1,6	1,2	1,6	1,6	Evet
7.5	1	1	0,8	1	1	Evet
6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	Evet
5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	1.2.4.5. bölgelere çok yakın olursa
2.5	-	-	-	-	-	Hayır



Şekil 3. Tulum peynirinin içerisindeki demir çubuk parçalarının verdiği yanıtlar

Çizelge 4. Tulum peynir içerisine yerleştirilmiş küre ve dikdörtgen şeklindeki demir numunelerinden elde edilen algılayıcı gerilim değerleri

Numune Şekli	Ağırlığı (mg)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı					Tespit edilebilme
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	1.	2.	3.	4.	5.	
Küre	510	4,15	4,15	4,00	4,15	4,15	16	16	15	16	16	Evet
Dikdörtgen	80	4,04	4,04	3,88	4,04	4,04	14	14	13	14	14	Evet

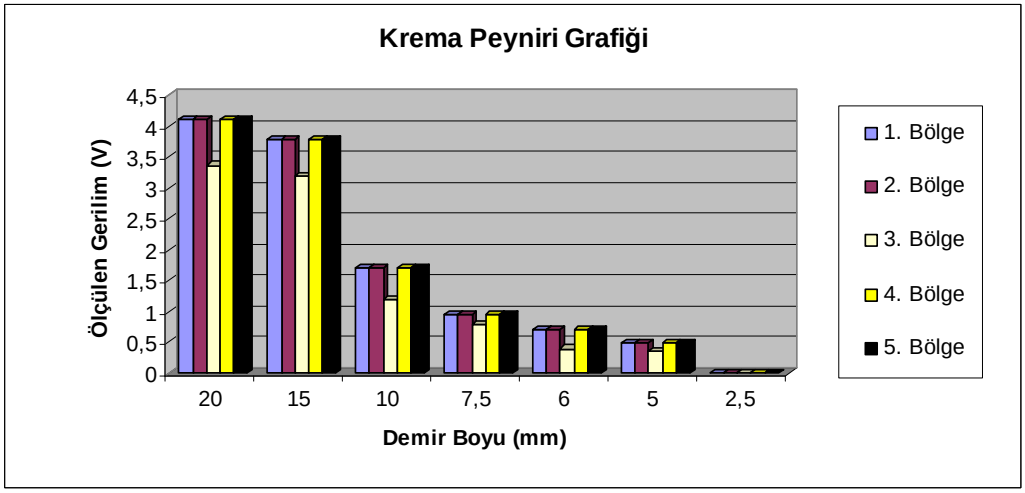


Şekil 4. Tulum peynirin içerisindeki demir küre ve dikdörtgen parçalarının verdiği yanıtlar

Krema peyniri grafikleri;

Çizelge 5. Pastörize krema peyniri içerisine yerleştirilen demir çubuk parçalarından elde edilen sonuçlar

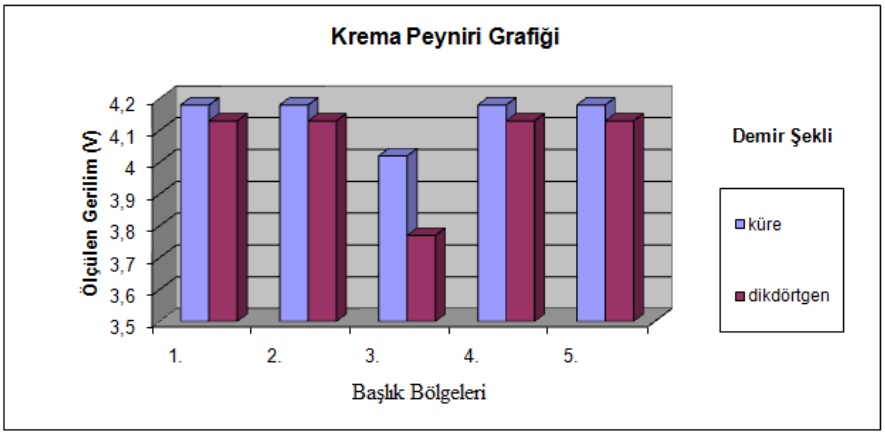
Metal boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					Tespit edilebilme
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	
20	4,12	4,12	3,37	4,12	4,12	Evet
15	3,8	3,8	3,2	3,8	3,8	Evet
10	1,7	1,7	1,2	1,7	1,7	Evet
7.5	0,95	0,95	0,8	0,95	0,95	Evet
6	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	Evet
5	0,5	0,5	0,35	0,5	0,5	1.2.4.5. bölgelere çok yakın olursa
2.5	-	-	-	-	-	Hayır



Şekil 5. Krema peynirinin içerisindeki demir çubuk parçalarının verdiği yanıtlar

Çizelge 6. Krema peynir içerisine yerleştirilmiş küre ve dikdörtgen şeklindeki demir numunelerinden elde edilen algılayıcı gerilim değerleri

Numune Şekli	Ağırlığı (mg)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı					Tespit edilebilme
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	1.	2.	3.	4.	5.	
Küre	510	4,18	4,18	4,02	4,18	4,18	16	16	15	16	16	Evet
Dikdörtgen	80	4,13	4,13	3,77	4,13	4,13	14	14	13	14	14	Evet

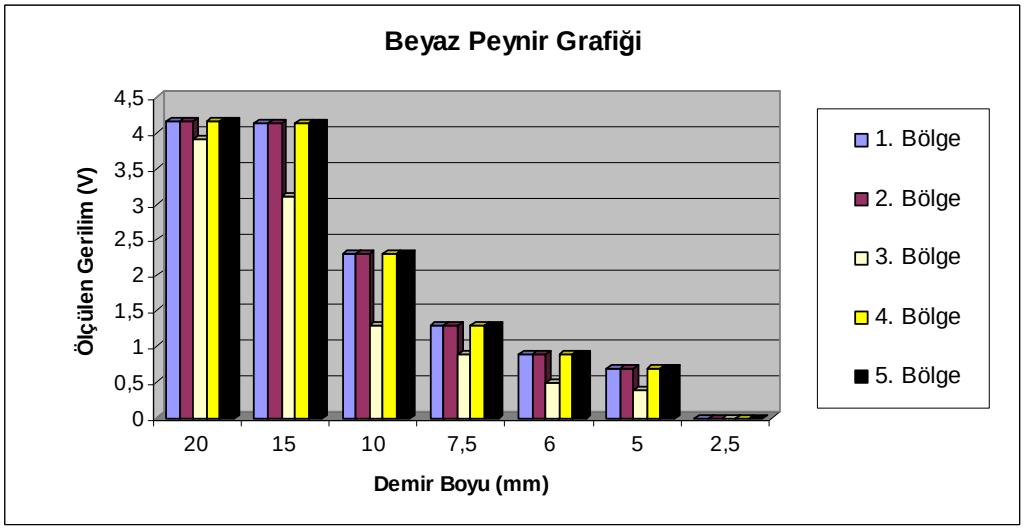


Şekil 6. Krema peynirin içerisindeki demir küre ve dikdörtgen parçalarının verdiği yanıtlar

Beyaz peynir grafikleri;

Çizelge 7. Beyaz peynir içerisine yerleştirilen demir çubuk parçalarından elde edilen sonuçlar

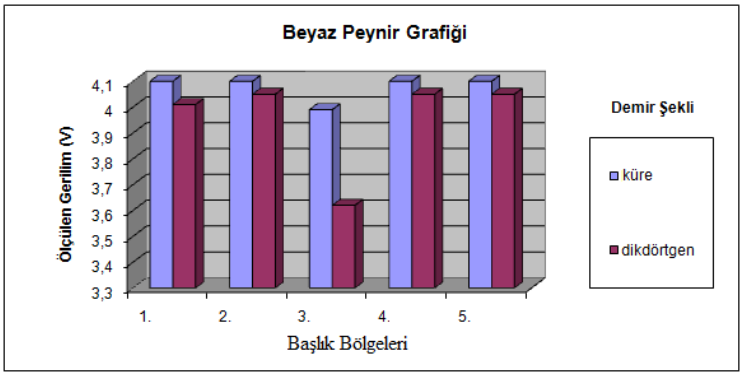
Metal boyu (mm)	**Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)**					**Tespit edilebilme**
	1. Bölge	**2. Bölge**	**3. Bölge**	**4. Bölge**	**5. Bölge**	
20	4,02	4,02	3,7	4,02	4,02	Evet
15	3,9	3,9	3	3,9	3,9	Evet
10	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	Evet
7.5	1,1	1,1	0,75	1,1	1,1	Evet
6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	1.2.4.5. bölgelere çok yakın olursa
5	0,45	0,45	0,35	0,45	0,45	Hayır
2.5	-	-	-	-	-	Hayır



Şekil 7. Beyaz peynirinin içerisindeki demir çubuk parçalarının verdiği yanıtlar

Çizelge 8. Beyaz peynir içerisine yerleştirilmiş küre ve dikdörtgen şeklindeki demir numunelerinden elde edilen algılayıcı gerilim değerleri

Numune Şekli	Ağırlığı (mg)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)					LCD Ekrandan Görünen Kare Sayısı					Tespit edilebilme
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	1.	2.	3.	4.	5.	
Küre	510	4,10	4,10	3,99	4,10	4,10	16	16	15	16	16	Evet
Dikdörtgen	80	4,01	4,01	3,62	4,01	4,01	14	14	13	14	14	Evet



Şekil 8. Beyaz peynirin içerisindeki demir küre ve dikdörtgen parçalarının verdiği yanıtlar

Çizelge 9. Deneylerde kullanılan tüm demir numuneleri için 1. 2. 4. ve 5. bölgelerden elde edilen algılayıcı çıkış gerilimleri

Demir Şekli	Demir Boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)				Tespit edilebilme
		Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peynir	
Çubuk	20	4,02	4,12	4,8	4,15	Evet
	15	3,9	3,8	4,01	4,14	Evet
	10	1,4	1,7	1,6	2,3	Evet
	7.5	1,1	0,95	1	1,3	Evet
	6	0,6	0,7	0,6	0,9	Evet
	5	0,45	0,5	0,5	0,7	Evet
	2.5	0	0	0	0	Hayır
Küre	5Ø	4,10	4,18	4,15	4,48	Çok iyi
Dikdörtgen	5*9	4,01	4,13	4,07	4,25	Çok iyi

Çizelge 10. Deneylerde kullanılan tüm demir numuneleri için 3. bölgeden elde edilen algılayıcı çıkış gerilimleri

Demir Şekli	Demir Boyu (mm)	Algılayıcı Çıkış Gerilimleri (V)				Tespit edilebilme
		Beyaz Peynir	Krema Peyniri	Tulum Peyniri	Kaşar Peynir	
Çubuk	20	3,7	3,37	3,6	3,9	Evet
	15	3	3,2	2,9	3,1	Evet
	10	1,1	1,2	1,2	1,3	Evet
	7.5	0,75	0,8	0,8	0,9	Evet
	6	0,4	0,4	0,4	0,5	Evet
	5	0,35	0,35	0,3	0,4	Çok Az
	2.5	0	0	0	0	Hayır
Küre	5Ø	3,99	4,02	4	4,03	Çok iyi
Dikdörtgen	5*9	3,62	3,77	3,88	3,97	Çok iyi

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : HARUN SÜMBÜL
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : SİVAS / 13.05.1984
Telefon : 05077558742
Faks : -
e-mail : harunsumbul@gmail.com, habu_58@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	**Sivas Teknik Lise, Merkez, Sivas**	**2003**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**2008**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**-**
Doktora	:	**-**	**-**

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	**Gümüşhane Üniversitesi**	**Arş. Gör.**

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

ingilizce

YAYINLAR