

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ TREN SİSTEMLERİNDE YOL MAGNETİ TESTİ İÇİN
MİKRODENETLEYİCİ TABANLI ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Müh. Aliseydi FELEK

(101113106)

Anabilim Dalı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Programı: Elektronik

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yavuz EROL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Ocak 2013

ŞUBAT-2013

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ TREN SİSTEMLERİNDE YOL MAGNETİ TESTİ İÇİN
MİKRODENETLEYİCİ TABANLI ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Müh. Aliseydi FELEK

(101113106)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Ocak 2013
Tezin Savunulduğu Tarih: 12 Şubat 2013**

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Yavuz EROL

Diğer Jüri Üyeleri: Doç.Dr. Muhsin Tunay GENÇOĞLU

Yrd.Doç.Dr. Mehmet POLAT

ŞUBAT-2013

ÖNSÖZ

1994 yılında üniversiteden mezun olduğum günden beri öğrenciliği çok özledim. Sınıf ortamına, ders dinlemeye ve kitaplar karıştırarak bir şeyler öğrenmeye duyduğum özlem tükenmedi. Mezuniyetimin üzerinden 17 yıl geçmesine rağmen yüksek lisans yapmaya karar verdim.

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, tavsiye ve desteğini esirgemedi beni yönlendiren; bilgi ve birikimlerini bana aktaran ve değerli zamanını ayıran danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Yavuz EROL'a;

Mezun olduğum Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde görev yapan değerli hocalarıma;

Ailemizin birçok işlerini kendi üzerine alarak bana çalışma zamanı yaratan sevgili eşim Dr. Selma Aydın FELEK'e;

Küçük bir çocuğu okula yazdırır gibi beni ikna ederek ALES'e başvurmamı sağlayan sevgili arkadaşım Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi Yalçın ÇETİN'e;

Tez çalışmamda hazırlanan prototipin gerçekleştirilmesi ve denenmesinde yardımlarını esirgemeyen TCDD 5.Bölge Müdürlüğü Haberleşme Şefliği personellerinden Kadir KARAMAN'a;

Teşekkür ederim.

Aliseydi FELEK

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. OTOMATİK TREN DURDURMA SİSTEM.....	2
2.1. Giriş.....	2
2.2. Araç Üstü Ekipmanları	2
2.3. Yol Magnetleri.....	5
2.3.1. Lokomotif Magneti İle Yol Magnetinin Etkileşimi.....	6
2.3.2. Yol Magneti Bildirimlerinin Belirlenmesi.....	7
2.3.3. Yol Magnetlerinin Periyodik Çalışma Testlerinin Yapılması.....	9
3. REZONANS DEVRELERİ.....	11
3.1. Giriş.....	11
3.2. Seri Rezonans Devreleri	11
3.3. Paralel Rezonans Devreleri.....	13
3.4. Karşılıklı Endüktans Etkisi.....	14
4. MAGNET TEST CİHAZI TASARIMI	16
4.1. Giriş.....	16
4.2. Elektronik Devrenin Yapısı.....	16

4.3.	Test Cihazının Çalışma Prensipleri.....	20
4.4.	Tasarlanan Sistemin Akış Diyagramı.....	22
4.5.	PIC Mikrodenetleyici Programı.....	27
5.	TEST VE ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	30
5.1.	Giriş.....	30
5.2.	Test Magneti Hareketsiz İken Yapılan Ölçümler.....	30
5.2.1	Boşta Çalışma Testi	30
5.2.2	Serbest Konumda Çalışma Testi	33
5.2.3	500 Hz Konumunda Çalışma Testi	35
5.2.4	1000 Hz Konumunda Çalışma Testi.....	37
5.2.5	2000 Hz Konumunda Çalışma Testi	39
5.3.	Test Magneti Hareket Halinde İken Yapılan Ölçümler	42
5.3.1	Hareket Halinde Yapılan Testler	42
6.	SONUÇ VE TARTIŞMA	44
7.	KAYNAKLAR.....	45
	ÖZGEÇMİŞ.....	

ÖZET

Elektrikli Tren Sistemlerinde Yol Magneti Testi İçin Mikrodenetleyici Tabanlı Ölçüm Sistemi Tasarımı

TCDD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları) elektrikli tren alt yapısı, sinyalli hatlarda ray devreleri ile yaklaşık 3 km uzunluğunda bloklardan oluşmaktadır. Blokların her iki tarafında giriş sinyalleri bulunmaktadır. Ayrıca her sinyalin renk bilgisini trenlere iletebilmek için yanlarında yol magnetleri vardır. Lokomotif altına monte edilen magnet, yol magnetlerinin üzerinden geçtiğinde sinyalin renk bilgisi araç üstü ekipmanına iletilir. Bu sayede araç üstü ekipmanının güvenlik için gerekli önlemleri alması sağlanır. Bu uygulama tren işletmeciliğinde hayati önem taşımaktadır. Can ve mal kaybını önlemek için kullanılan bu sistemlerin sağlıklı çalıştırılması gerekmektedir. Otomatik tren durdurma sistemi ATS'nin doğru çalışması için yol magnetlerinden doğru bilgi alması gerekir. Yanlış bildirim, istenmeyen kazalara sebep olabilir. Bu amaçla tüm sistem elemanlarının bakımları ve çalışma testleri düzenli olarak yapılmalıdır.

Yürütülen tez çalışmasında, yol magnetlerinin çalışma testlerini daha kısa sürede yapabilen bir elektronik cihaz tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sayede tren işletmeciliğinin daha güvenli yapılması ve olası kazaların önüne geçilerek hasarın en aza indirilmesi sağlanmış olacaktır.

SUMMARY

Electric Train Systems Microcontroller-Based Road Magnet Measurement System Design

TCDD (State Railways of the Republic of Turkey) is formed in blocks of about 3 km with electric train substructure and track circuit in signaled lines. On both sides of blocks, there are entrance signals. Moreover, There are next to each signal of the magnet of road. When magnet, which is mounted under locomotive, passes on road magnets, color meaning of signal is communicated to equipment. Thus, the device takes the necessary measures This is of vital importance for trains. These systems should be run efficiently to avoid any losses. In order to make automatic train stop system (ATS) work efficiently, road magnets should get right information. Any mistake may cause accidents. For this reason, maintenance and work tests should be checked regularly.

In the thesis study conducted, a new device design is made to perform work tests of road magnets in a shorter time. By this, it will be more secure for trains and avoid possible accidents as much as possible.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Lokomotif magneti.....	3
Şekil 2.2.	Örnek bir ATS kontrol cihazı ve kumanda paneli.....	4
Şekil 2.3.	Yol magneti ve sinyal kutusu.....	5
Şekil 2.4.	Yol magneti devresi.....	5
Şekil 2.5.	Lokomotif magneti ile yol magnetinin demiryolu hattı üzerindeki etkileşimleri.....	6
Şekil 2.6.	Yol magnetinin yeşil renk bildirimi (serbest konum).....	7
Şekil 2.7.	Yol magnetinin sarı renk bildirimi.....	8
Şekil 2.8.	Yol magnetinin kırmızı renk bildirimi.....	8
Şekil 2.9.	Yol magnetinin 40 km/h hız sınırlama bildirimi.....	9
Şekil 2.10.	Demiryolu elektrifikasyon bakım otosu.....	10
Şekil 3.1.	Seri bağlı RLC devresi.....	11
Şekil 3.2.	Seri RLC devresinin fazör diyagramı.....	12
Şekil 3.3.	Paralel bağlı RLC devresi.....	13
Şekil 3.4.	Paralel rezonans devresinin fazör diyagramı.....	14
Şekil 4.1.	Magnet Test Cihazı devresinin ana bölümleri.....	17
Şekil 4.2.	Test magneti bobininin görünümü.....	18
Şekil 4.3.	Magnet Test Cihazının iç yapısı.....	19
Şekil 4.4.	Magnet Test Cihazının dış görünümü.....	19
Şekil 4.5.	Magnet Test Cihazı çalışma esnasındaki ekran görüntüleri.....	28
Şekil 4.6.	PCB yerleşim planı.....	29
Şekil 4.7.	Magnet Test Cihazı PCB çizimi.....	29
Şekil 5.1.	Ölçümlerde kullanılan dijital osiloskop.....	30

Şekil 5.2.	Magnet Test Cihazı ölçüm noktaları.....	31
Şekil 5.3.	Magnet Test Cihazı boşa çalışırken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali.....	32
Şekil 5.4.	Magnet Test Cihazı boşa çalışırken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali.....	32
Şekil 5.5.	Magnet Test Cihazı boşa çalışırken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali.....	33
Şekil 5.6.	Yol magneti serbest konumda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali.....	34
Şekil 5.7.	Yol magneti serbest konumda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali.....	34
Şekil 5.8.	Yol magneti serbest konumda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali.....	35
Şekil 5.9.	Yol magnetinin 500 Hz konumundaki bağlantı.....	35
Şekil 5.10.	Yol magneti 500 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali.....	36
Şekil 5.11.	Yol magneti 500 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali.....	36
Şekil 5.12.	Yol magneti 500 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali.....	37
Şekil 5.13.	Yol magnetinin 1000 Hz konumundaki bağlantısı.....	37
Şekil 5.14.	Yol magneti 1000 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali.....	38
Şekil 5.15.	Yol magneti 1000 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali	38
Şekil 5.16.	Yol magneti 1000 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyal.....	39

Şekil 5.17.	Yol magnetinin 2000 Hz konumundaki bağlantısı.....	39
Şekil 5.18.	Yol magneti 2000 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali	40
Şekil 5.19.	Yol magneti 2000 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali	40
Şekil 5.20.	Yol magneti 2000 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali	41
Şekil 5.21.	Magnet Test Cihazı hareketli deneme kabini.....	42
Şekil 5.22.	Hareket halinde ölçümleri gerçekleştirebilmek için tasarlanan devre...	43

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. ATS sistemi çalışma frekansları.....	4
Tablo 5.1. Magnet Test Cihazı gerilim ölçüm sonuçları.....	41

SEMBOLLER LİSTESİ

TSİ	: Trenlerin Sinyallerle İdaresi
ATS	: Automatic Train Stop – Otomatik Tren Durdurma
PIC	: Peripheral Interface Controller – Çevresel Arabirim Kontrolörü
MTC	: Magnet Test Cihazı
A/D	: Analog / Dijital
OSC	: Osilatör
SRT	: Sürat
SRI	: Sarı
KRZ	: Kırmızı
STEST	: Sürekli Test
BTEST	: Batarya Test

1. GİRİŞ

Demiryolu hattının bazı bölümlerinde trenler sinyalizasyon sistemi ile çalıştırılır. Sinyalizasyon sisteminin temeli 1840'larda semafor sistemi ile atılmıştır. Yük ve yolcu taşımacılığında, demiryollarının etkin hale getirilmesi için sinyalizasyon sisteminin geliştirilmesi günümüze kadar sürmüştür. Sinyalli bölgelerde demiryolu hattı ray devreleri ile yaklaşık 3 km'lik bloklara bölünmüştür. Bir blokta aynı anda tek tren bulunabilir. Trenlerin idaresi tek merkezden yönetilir. Sinyalizasyon sistemi bir anlaşılan (istasyon içerisinde ve komşu istasyonlar arasındaki trafiği kontrol eden sistem) mantığı ile çalışmaktadır. Buna Trenlerin Sinyallerle İdaresi (TSİ) denir [1-4].

TSİ sistemi güvenli olmasına rağmen, kullanıcı hataları nedeniyle oluşabilecek kazaları önlemek için tren koruma sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de ATS (Automatic Train Stop - Otomatik Tren Durdurma) sistemidir. Bu sistemin amacı; trenlerin sinyalli bölgelerde kırmızı ışıktaki geçmesi durumunda oluşabilecek kazaları engellemek için otomatik fren yaptırarak treni durdurmak ya da hız sınırlamalarının aşılması halinde tren hızını müsaade edilen hız limitinin altına indirmektir. Böylece sistem, insan hataları neticesinde oluşabilecek kazaları engelleyecek veya kazaların en az hasarla atlatılmasını sağlayabilecektir. Sistem, görevi itibarıyla hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple tüm sistemin sağlıklı çalıştığı kontrol edilmelidir. Gerekli bakımlar yapılmalı ve çalışma testleri ile sistemde sorun olmadığı rutin aralıklarla tespit edilmelidir [5,6].

Bu tez çalışmasında öncelikle sistemle ilgili bilgiler verilmiş ve yol magnetlerinin çalışma testlerinin yapılmasında karşılaşılan zorluklar açıklanmıştır. Daha sonra çözüme yönelik hedefler belirtilmiş, tez kapsamında tasarlanan cihaz anlatılmıştır. Sonuç ve tartışma kısmında ise çalışmaların fayda analizleri ortaya konulmuş, ileriye yönelik yapılması planlanan çalışmalar hakkında değerlendirmeler sunulmuştur.

2. OTOMATİK TREN DURDURMA SİSTEMİ

2.1. Giriş

ATS (Otomatik Tren Durdurma) sistemi; demiryolu araçlarının seyrüseferi esnasında güvenli işletimini sağlamak amacıyla geliştirilmiş otomatik tren hız kontrol sistemidir. Kullanım amacı insan hatalarından kaynaklanan kazaları önlemek ya da en az hasarla atlatmaktır. ATS, demiryolu hattı üzerinde bulunan sinyal sistemine bağlı olarak çalışır. Makiniste uyarı veren, gerekli olduğunda hız ve fren kontrolü yapan bir sistemdir. Demiryolu tren işletmeciliğinde sistemin bir parçası ve tamamlayıcısıdır [7-9].

ATS sisteminin bir parçası olan yol magneti, demiryolu hattında pasif eleman olarak bulunmaktadır. Görevi sinyal renk bildirimlerini makine üzerinde bulunan ATS cihazına iletmeğdir. Sinyalin rengine göre otomatik anahtarlama ile pozisyon alır. Yol magneti ile lokomotif magneti üst üste geldiğinde manyetik olarak birbirini etkiler. Yol magneti aynı frekanslarda lokomotif magneti ile rezonansa gelir. Hangi frekansta rezonansa geldiği ise sinyalin rengini belirler. Şöyle ki:

Lokomotif magnetine 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslı sinyaller olmak üzere üç ayrı sinyal uygulanır. 500 Hz; 40 km/h hız sınırlamasının olduğu, 1000 Hz; sinyalin sarı renk ve hızın 65 km/h'nin altında olması gerektiği, 2000 Hz ise sinyalin kırmızı renk olduğu ve izinsiz geçilmemesi gerektiği anlamını taşır. Algılanan bildirime göre ATS cihazı gerekli işlemleri yapar.

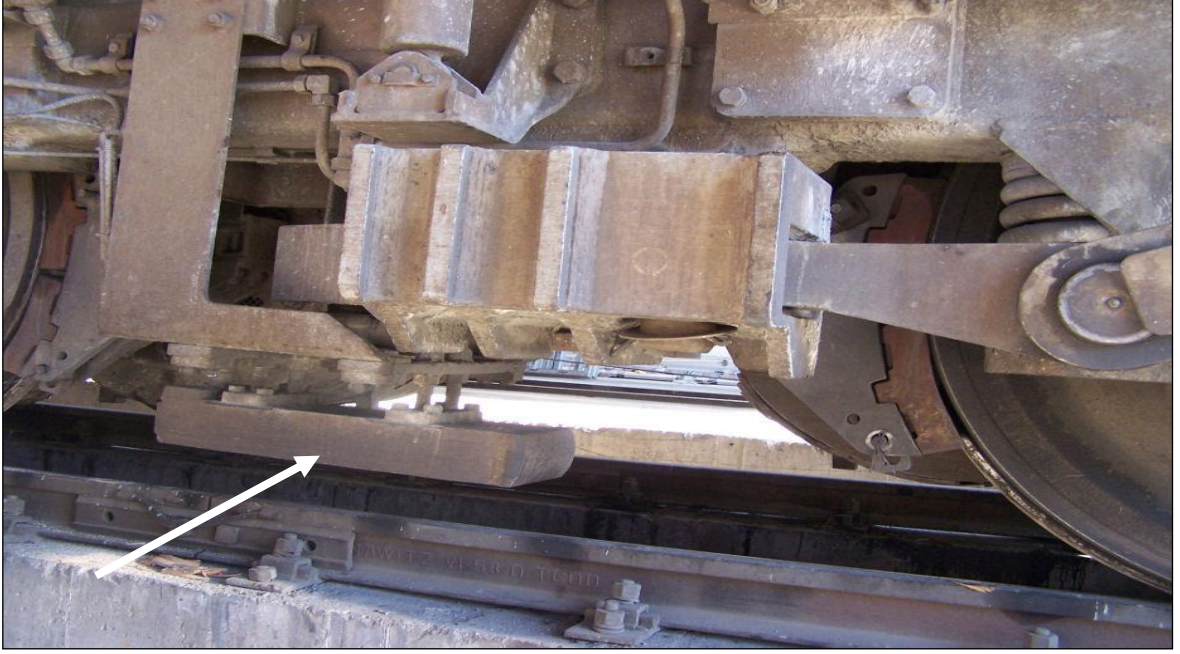
TCDD'de; Japon Nippon Signal sistemi, Alman Standart Electric Lorenz (SEL) sistemi ve Türk malı Savronik marka olmak üzere üç tip ATS sistemi kullanılmaktadır.

ATS sistemi, iki alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar araç üstü ekipmanları ve yol magnetleridir [10-12].

2.2. Araç Üstü Ekipmanları

Yol boyu ekipmanlarının okunması ve değerlendirilmesi için lokomotif üzerinde ATS kontrol cihazı ve lokomotif magneti bulunmaktadır. Lokomotif magnetleri yol magnetlerini görebilecek şekilde araç üzerine bağlıdır (Şekil 2.1). Lokomotifin her iki yöne giderken yol

magnetlerinden bilgi alabilmesi için birbirinin çaprazı olacak şekilde her ATS sistemi için iki adet lokomotif magneti kullanılır.



Şekil 2.1. Lokomotif magneti

ATS cihazı yol magnetlerinden alınan bilgiye göre çalışma senaryolarını işletir [13]. Hız sınırları ihlal edilmiş ya da kırmızı sinyalde geçilmiş ise makiniste gerekli ikazı yapar ve makinistten gelen komutları değerlendirir. Gerektiğinde hız kontrolü ya da otomatik durdurma işlemi yapar. Ayrıca yapılan tüm işlemleri kayıt altına alır. Ana kontrol paneli ve kumanda panelinden oluşan ATS cihazının genel görünümü Şekil 2.2’de verilmiştir.

- Sarı uyarı, tren hızının 65 km/h’nin altında olması gerektiği anlamını taşır. Eğer trenin hızı bu sınırın üzerinde ise kumanda panelinde sarı lamba yanar, ekranda mesaj görülür ve sesli ikaz yapılır. Makinist 10 saniye içerisinde müdahale etmeli ve toplam 20 saniyede trenin hızını sınır değerin altına indirmelidir. Trenin hızı belirtilen sürede sınır değerin altına inmez ise ATS cihazı otomatik frene geçer ve treni 65 km/h hız moduna sokar.

- Kırmızı uyarı, trenin kırmızı sinyalde geçtiği anlamına gelir. ATS cihazı treni anında otomatik frene geçirir. Ekranda mesaj görülür ve sesli ikaz yapılır. Kırmızı sinyalde, geçiş izni alınmadan ve trenin hızı 40 km/h’nin altına düşürülmeden geçilmez.



Şekil 2.2. Örnek bir ATS kontrol cihazı ve kumanda paneli

ATS sisteminin üretici firmalarına göre çalışma frekansları farklıdır. Bu değerler Tablo 2.1’de verilmiştir [14,15].

Tablo 2.1. ATS sistemi çalışma frekansları

SİNYAL BİLDİRİMLERİ			FREKANS		HIZ
Blok Sinyali	Giriş Sinyali	Çıkış Sinyali	Nippon Sinyal	Iskra	
Yeşil	Yeşil Sarı-Yeşil (Nippon Signal)	Yeşil Flaş Yeşil Sarı-Yeşil (Nippon Signal)	-	-	Serbest
Sarı	Sarı Sarı-Sarı Sarı-Yeşil (Iskra) Sarı-Kırmızı	Sarı Flaş Sarı Sarı-Yeşil (Iskra) Sarı-Kırmızı	74,5 kHz	1000 Hz	65 km/h
Kırmızı	Kırmızı	Kırmızı	100,5 kHz	2000 Hz	0
Uzak ATS bobininde Giriş Sinyali (Nippon Kırmızı, Sarı-Kırmızı, Kırmızı-Yeşil) iken (Iskra Kırmızı, Sarı, Sarı-Kırmızı, Sarı-Sarı, Sarı-Yeşil, Kırmızı-Yeşil) iken			81,5 kHz	500 Hz	40 km/h
Manevra rengi sinyallerinde Flaş Kırmızı-Yeşil, Kırmızı Yeşil			74,5 kHz	1000 Hz	65 km/h

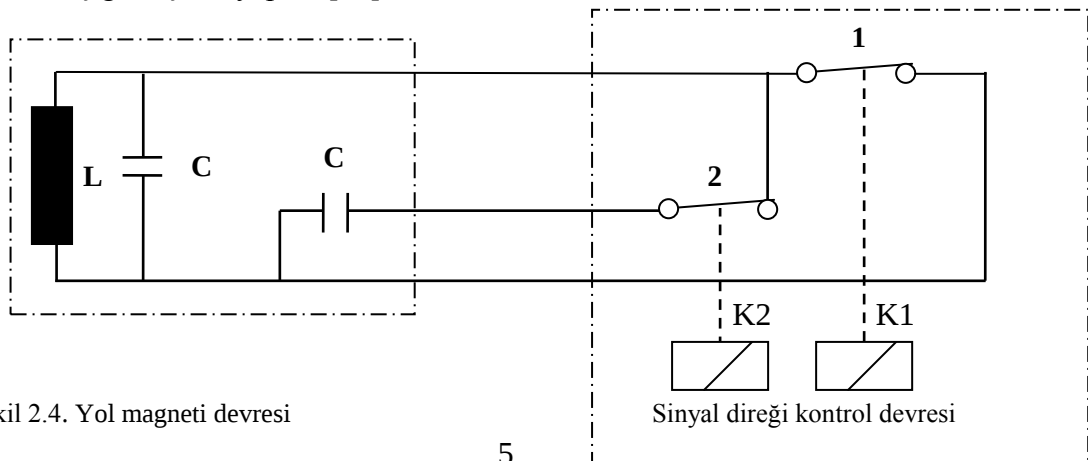
2.3. Yol Magnetleri

ATS sisteminin uygulandığı bölgelerdeki sinyal noktalarında, kontrol kutuları içerisindeki bütün röleler sinyallerin geçiş bildirilerine bağlı olarak enerjilenir. Yol magneti ve sinyal kutusunun genel görünümü Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Yol magneti ve sinyal kutusu

Yol magneti devresinin iç yapısı Şekil 2.4’de görülmektedir. Devrede “1” yeşil bildiride, “2” ise sarı bildiride çalışan rölelere ait kontaklardır. Bu röleler kontakları vasıtasıyla yol boyu bobini içerisindeki kondansatörlerin bağlantılarını değiştirerek devre empedansının değişmesini sağlar. Sinyallerin kırmızı bildirilerinden kontrol kutularına herhangi bir bilgi taşınmadığından, ATS kontrol kutusu ile yol boyu bobini arasındaki kabloda meydana gelebilecek bir arızada LC devresi bir değişikliğe uğramaz ve kırmızı bildiri varmış gibi işlem yapılır [16].



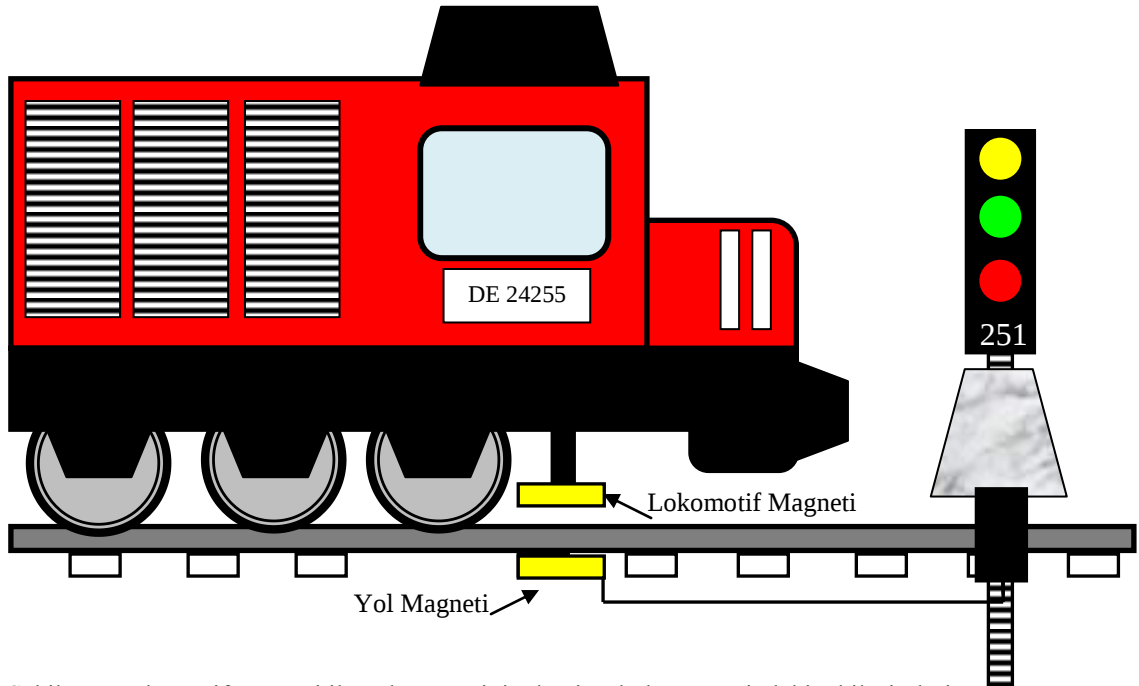
Şekil 2.4. Yol magneti devresi

Devrede 1 nolu anahtar kapalı iken bilgi yoktur ve renk yeşil olarak algılanır. 1 nolu anahtar açık, 2 nolu anahtar kapalı ise 1000 Hz bilgisi alınır ve renk sarı olarak algılanır. Eğer her iki anahtar da açık ise 2000 Hz bilgisi alınır ve renk kırmızı olarak algılanır.

2.3.1. Lokomotif Magneti İle Yol Magnetinin Etkileşimi

Sinyalli hatlarda ray devreleri ile yaklaşık 3 km uzunluğunda bloklar oluşturulur. Blokların her iki tarafında giriş sinyalleri bulunur. Her sinyalin renk bilgisini trenlere iletebilmek için yanlarında yol magnetleri yer alır. Ayrıca istasyonlara giriş sinyalinden 300 metre önce 40 km/h hız magneti vardır. Lokomotif altına monte edilen magnet, yol magnetlerinin üzerinden geçtiğinde sinyalin renk bilgisi araç üstü ekipmanına iletilir. Bu sayede araç üstü ekipmanı güvenlik için gerekli önlemleri alır. Sistemin çalışma mantığı Şekil 2.5’de görülmektedir.

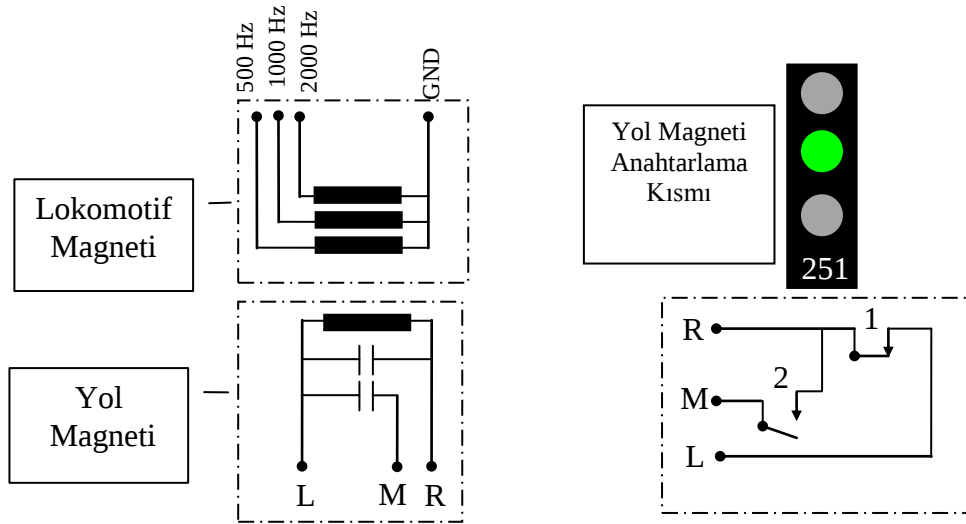
Yol magneti devre elemanlarının bağlantı pozisyonları, sinyalin rengine göre otomatik olarak konumlandırılır. Yol magnetinin lokomotif magnetince uygulanan 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz sinyallerinin hangisi ile etkileşime girdiği, sinyalin rengi veya 40 km/h hız sınırlama bilgisi belirlenebilmektedir. Sonuç olarak ATS cihazı yol magnetinden aldığı bilgiye göre gerekli işlemleri yapar [17,18].



Şekil 2.5. Lokomotif magneti ile yol magnetinin demiryolu hattı üzerindeki etkileşimleri

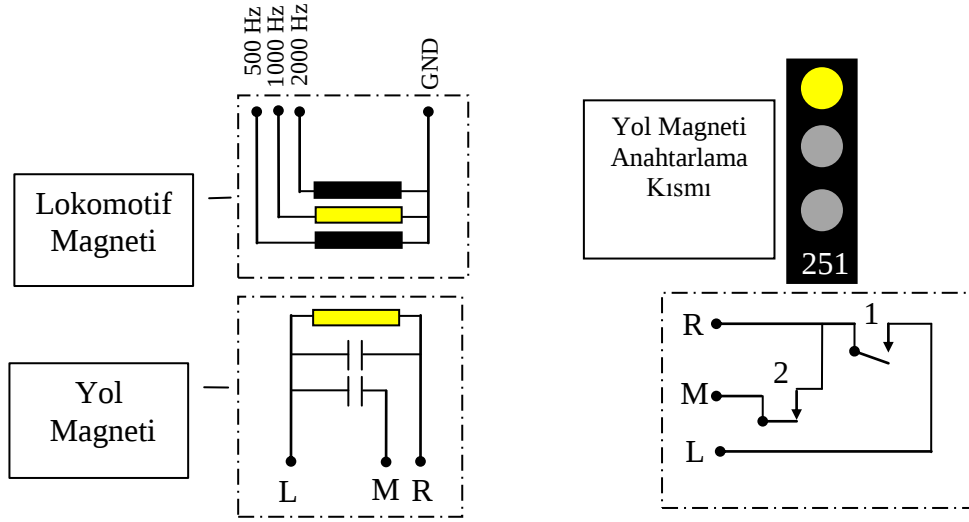
2.3.2. Yol Magneti Bildirimlerinin Belirlenmesi

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi sinyal rengi yeşil iken yol magneti devresinde 1 nolu anahtar kapalı, 2 nolu anahtar açıktır. L-R ucu kısa devre olduğundan kondansatörler devre dışıdır. Bu durumda yol magneti serbest konumda bulunduğu için lokomotif magneti ile etkileşime girmesi söz konusu değildir. ATS cihazı yol magnetinden herhangi bir bilgi almadığı için sinyalin rengi yeşil olarak kabul edilir.



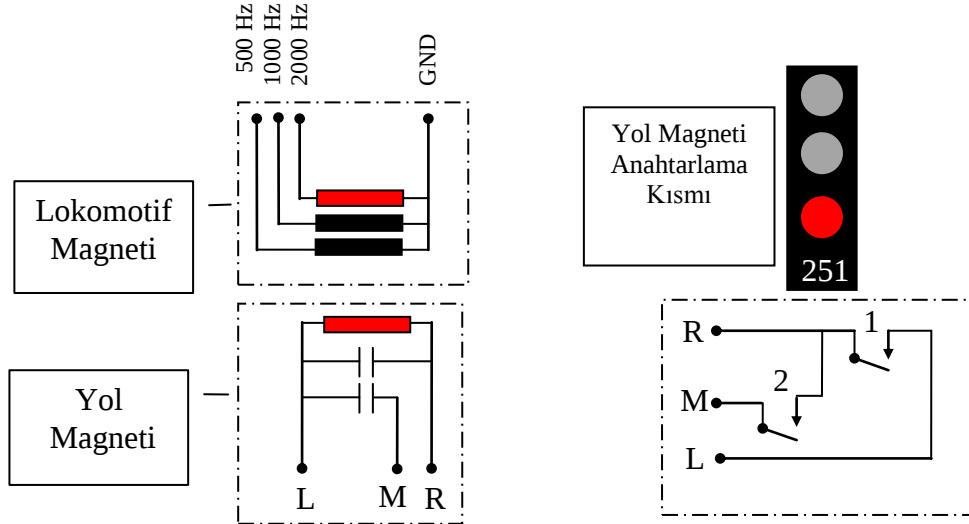
Şekil 2.6. Yol magnetinin yeşil renk bildirimi (serbest konum)

Sinyal rengi sarı iken yol magneti devresinde 1 nolu anahtar açık, 2 nolu anahtar ise kapalıdır. M-R ucu kısa devre olduğundan, bobine 2 adet kondansatör paralel bağlı durumdadır. Lokomotif magneti yol magneti ile 1000 Hz frekansında rezonansa geldiğinde ATS cihazı sinyal rengini sarı olarak kabul eder (Şekil 2.7).



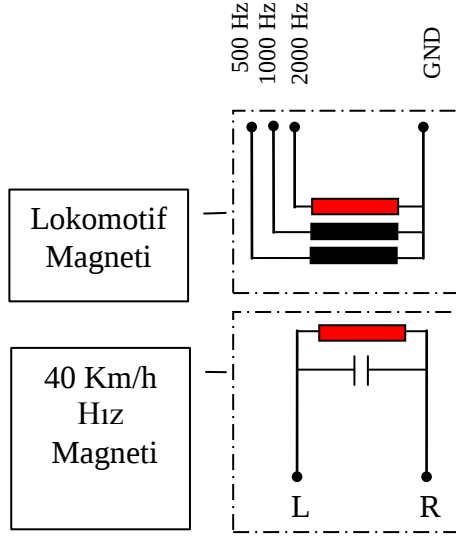
Şekil 2.7. Yol magnetinin sarı renk bildirimi

Sinyal rengi kırmızı iken yol magneti devresinde 1 ve 2 nolu anahtarlar açıktır. Bu durumda devre LC elemanlarından oluşur. Lokomotif magneti yol magneti ile 2000 Hz frekansında rezonansa geldiğinde ATS cihazı sinyal rengini kırmızı olarak kabul eder (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Yol magnetinin kırmızı renk bildirimi

40 km/h hız sınırlama magneti ise renk bildirimi sağlayan yol magnetinden ayrı olarak yerleştirilir ve LC elemanlarından oluşmaktadır. Lokomotif magneti ile 500 Hz frekanslı sinyalde rezonans oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Rezonans gerçekleştiğinde, ATS cihazı tren hızının 40 km/h'nin altında olması gerektiği bilgisini alır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yol magnetinin 40 km/h hız sınırlama bildirimi

2.3.3. Yol Magnetlerinin Periyodik Çalışma Testlerinin Yapılması

ATS cihazının doğru çalışması için yol magnetlerinden doğru bilgi alması gerekir. Yanlış bildirimler istenmeyen kazalara sebep olabilir. Bunu engellemek amacıyla yol magnetlerinin çalışma testleri düzenli olarak yapılmalıdır [19].

Yol magnetlerinin çalışma testleri, taşınabilir bir test cihazı ile yapılmaktadır. Bu cihaz magnetin üzerine yerleştirilir. Manüel olarak ayarları yapılır ve magnetin renk bildirimi ölçülür. Bu işlem sorunsuz gerçekleştirildiğinde yaklaşık 15 dakika sürer. Demiryolları büyük oranda tek hatlı olduğundan her noktasına karayolu ile ulaşılması mümkün değildir. Bu nedenle çalışmalar demiryolu aracı ile yapılmaktadır. Tren trafiğini aksatmadan yol magnetlerinin çalışma testlerinin yapılması çok zordur. 30 km'lik bir kesimde 20 adet magnet olduğu ve bunların çalışma testlerinin yapılabilmesi için yaklaşık 5 saat zaman gerektiği düşünüldüğünde bu uygulamanın pratikte ne kadar zor olduğu görülebilmektedir.

Bu sorunu aşabilmek adına tez çalışmasında yol magnetlerinin çalışma testlerini kısa sürede yapabilen otomatik bir cihaz tasarlanmıştır. Tasarlanan cihaz, kurum bünyesindeki sinyal, elektrifikasyon ve telekomünikasyon şefliklerinin bakım onarım işlerinde kullandığı, rayda hareket edebilen “Oto” adı verilen araçlara monte edilecektir. Şekil 2.10’da bakım otosu görülmektedir. Tasarlanan test cihazı sayesinde yol magnetlerinin devre bilgisi kısa sürede tespit edilecek ve sinyalin hangi rengi bildirdiği belirlenecektir. Ayrıca periyodik çalışma testi uygulamalarında bu araçlar kullanılarak magnetin her renk bildirimi için çok daha kısa sürelerde çalışma testleri yapılabilecektir.



Şekil 2.10. Demiryolu elektrifikasyon bakım otosu

3. REZONANS DEVRELERİ

3.1. Giriş

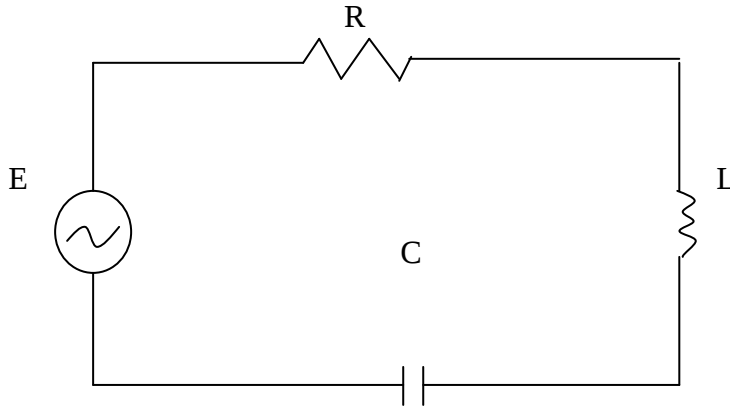
Periyodik bir kuvvetin dürtüsü altındaki bir sistem, salınımlar sergiler ve eğer dürtü frekansı sistemin doğal frekansına eşit ise, bu salınımların genliği sınırsız artma eğilimine girer. Sonuç olarak sistem, belli bir genlikten sonra bütünlüğünü veya bulunduğu durumu koruyamaz ve dağılır. Buna rezonans denir. Rezonans, bobin ve kondansatör kullanılan a.a. elektrik ve elektronik devrelerinde oluşan özel bir durumdur. Herhangi bir a.a. devresinde bobinin endüktif reaktansı ile kondansatörün kapasitif reaktansının eşit olması halinde devre rezonansa gelir [20,21]. Rezonans frekansı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.1)$$

3.2. Seri Rezonans Devreleri

Seri RLC devresinden geçen akım, dirence, bobinin indüktif reaktansına ve kondansatörün kapasitif reaktansına göre değişir. Buradaki direnç ve reaktansların vektörel toplamı devrenin empedansını verir. Empedans bağıntısı denklem 3.2’de verilmiştir.. Şekil 3.1’de seri bağlı RLC devresi görülmektedir.

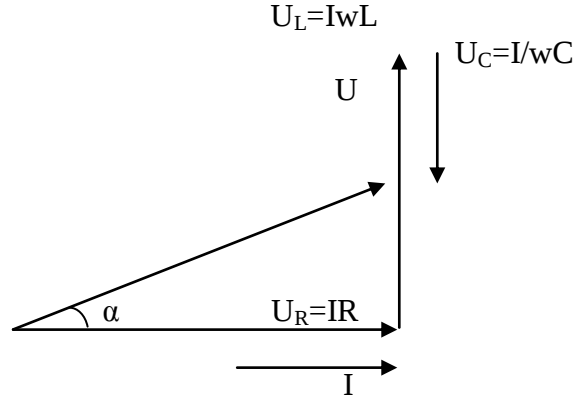
$$Z_T = R + j(X_L - X_C) \quad (3.2)$$



Şekil 3.1. Seri bağlı RLC devresi

Rezonans halinde devrede indüktif reaktans ile kapasitif reaktans birbirine eşit olur. $X_L = 2\pi fL$ ve $X_C = 1/(2\pi fC)$ değerleri eşitliğinde Z_T , R 'ye eşit olur.

Rezonans halinde bobin uçlarındaki gerilim ile kondansatör uçlarındaki gerilim birbirine eşittir ve aralarında 180° faz farkı vardır. Bu durumda devre direnci R 'ye devre gerilimi U_R 'ye eşit olur. Yani devre rezistif çalışır. Aynı zamanda devre empedansı minimum, devreden geçen akım maksimum olur.



Şekil 3.2. Seri RLC devresinin fazör diyagramı

Şekil 3.2’de seri RLC devresine ait fazör diyagramı görülmektedir. Kaynak gerilimi (U) devreden akan akıma (I) göre α açısı kadar öne kaymıştır. U ile I arasındaki faz kayması U_L ve U_C ’nin değerlerine göre pozitif, negatif veya $\alpha = 0$ değerlerini alabilmektedir. Devrede $U_L = U_C$ olduğunda $\alpha = 0$ olur ve devre rezonanstadır. Rezonansta bobin direncinin (R_L) ωL ’ den küçük olması halinde kondansatördeki ve bobindeki gerilim, giriş geriliminden çok daha büyüktür. Rezonans halinde devrenin giriş direnci (R_g) en küçük değerini alır.

Giriş direncinin modülü $R(j\omega)$ frekansla değiştiğinden rezonansa yaklaşıldığında giriş gerilimi U sabit kalmasına rağmen giriş akımı I büyür. Akım rezonansta en büyük değerlerini alır ve frekans, rezonans frekansını geçince tekrardan küçülür. $R_g(j\omega)$ ’nin frekansla değişme şekli devrenin kalitesine bağlıdır. Devrenin kalitesi devrenin bant genişliğiyle ters orantılıdır. Kalite faktörü Q ’ nun değeri aşağıdaki formülle bulunur.

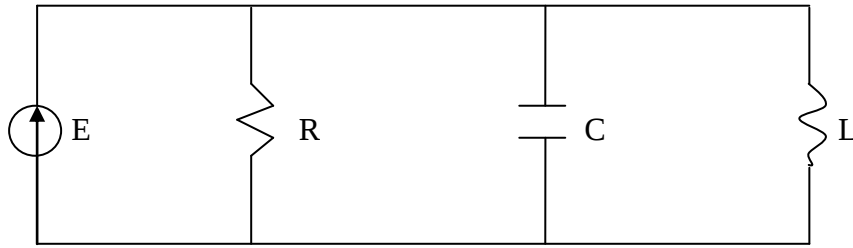
$$\text{—————} \quad \text{—————} \quad (3.3)$$

Q aynı zamanda devrede biriken enerjinin bir periyotta harcanan güce oranı olarak tanımlanır. Devrenin kalite faktörünün büyük olması istendiğinde bobinin indüklenmesinin büyük, direncinin küçük olması gerektiği görülür. Teknikte rezonans devreleri filtre olarak kullanıldıklarında bu devrelerin önemi büyüktür [21,22].

3.3. Paralel Rezonans Devreleri

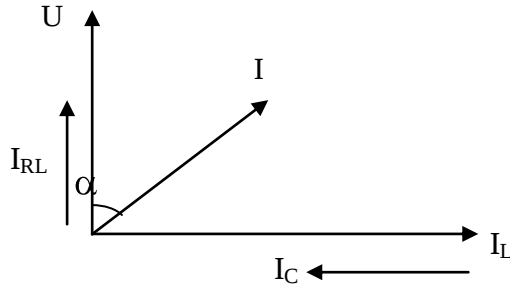
Paralel rezonans devrelerinin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Rezonans şartı, endüktif reaktans ile kapasitif reaktansın eşit olmasıdır. Paralel RLC devresinde elemanlar üzerindeki gerilim düşümleri ve kaynak gerilimi eşit olmalıdır. Devre akımı ise kol akımlarının toplamına eşit olmalıdır.

Paralel RLC devresinde rezonans anında devre akımının minimum değere ulaşması devre empedansının maksimum olmasına neden olmaktadır. Şekil 3.3’de paralel bağlı RLC devresi verilmiştir.



Şekil 3.3. Paralel bağlı RLC devresi

Rezonans halinde I_L ile I_C arasında 180° faz farkı vardır. $I_L + I_C = 0$ ve $I(\text{devre akımı}) = I_R$ olur. Bobinin akımı ($I_L = U/\omega L$) gerilime göre 90° geri kayacaktır. Dirençten geçen akım ($I_R = U/R$) gerilimle aynı yönde olacaktır. Kondansatörden geçen akım ($I_C = U \cdot \omega C$) gerilimine göre 90° ileri kayacaktır. Şekil 3.4’de paralel rezonans devresinin fazör diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.4. Paralel rezonans devresinin fazör diyagramı

I_C ile I_L 'nin değerleri frekansla değiştiğinden gerilim ile akım arasındaki açısı -90 ile $+90$ arasındaki her değeri alabilmektedir. $I_C = I_L$ olunca devre rezonans halindedir denir. Rezonans frekansı $I_L = I_C$ eşitliğinden;

$$\text{---} \quad (3.4)$$

olarak bulunur. Rezonans frekansında devrenin iletkenliği en küçüktür. Rezonansta devreye giren akım, en küçük değerini alırken bobinden ve kondansatörden geçen akımların değerleri oldukça büyüktür. Paralel rezonans devresinin kalite faktörü, seri rezonans devresinde olduğu gibi devrenin bant genişliğinden bulunur [21,23,24].

$$\text{---} \quad (3.5)$$

3.4. Karşılıklı Endüktans Etkisi

Bir bobinden alternatif bir akım geçtiğinde etrafında değişken bir manyetik alan oluşmaktadır. Bundan dolayı manyetik akıyı oluşturan kuvvet çizgileri akım geçen iletkenle herhangi bir bağıntısı olmayan ancak aynı manyetik alan içerisinde bulunan diğer bir bobini etkileyerek üzerinde bir gerilim indüklenmesini sağlar. Başka bir bobinin manyetik alanı etkisi ile gerilim indüklenmesine karşılıklı endüksiyon denir. Gerilim ise karşılıklı endüktans (M) olarak ifade edilir. İki bobin arasındaki karşılıklı endüktans değeri kuplaj katsayısına (k) ve manyetik etkileşim içerisinde bulunan iki bobine ait öz endüktansların ilişkisine bağlıdır. Bu ilişki eşitlik (3.6) ve (3.7)'de gösterilmiştir [25,26].

(3.6)

(3.7)

Verilen bilgiler doğrultusunda makine üstü magneti ile yol magnetinin birbirleri ile etkileşimi, üzerinde gerilim bulunan bir bobinin kendi magnetik alanındaki bir başka bobine gerilim indüklemesi ile açıklanır. Makine üstü magnetinde 3 adet bobin bulunur. Bobinlere, aynı anda farklı frekanslarda sinyaller uygulanır. Bu sinyaller; 50 Volt 500 Hz, 70 Volt 1000 Hz ve 70 Volt 2000 Hz frekanslı sinyallerdir. Yol magneti devresi bobin ve kondansatörlerden oluşur. Pasif eleman olarak demiryolu hattı boyunca bloklarda bulunur. Makine üstü magneti yol magnetinin üzerine geldiğinde, yol magneti devresinde bulunan bobine gerilim indükler. Yol magneti devresi, makine üstü magnetindeki bobinlerden bir tanesi ile etkileşime girerek rezonansa gelir. Yol magnetinin makine üstü magnetinde bulunan bobinlerden hangisi ile rezonansa girdiği sinyal rengini ya da 40 km/h hız sınırlama bilgisini belirler. Eğer sinyal rengi yeşil ise, yol magneti makine üstü magnetiyle etkileşime girmez.

4. MAGNET TEST CİHAZI TASARIMI

4.1. Giriş

Magnet test cihazı, yol magnetinin rezonans frekansını, dolayısıyla sinyalin hangi rengi bildirdiğini tespit etmek amacıyla tasarlanmıştır. Devre şeması Şekil 4.1’de verilen test cihazı 7 ana bölümden oluşmaktadır: Mikrodenetleyici, A/D (Analog/Dijital) çevirici filtre devresi, 5V-9V regülatör devresi, OSC (Osilatör) birimi, push-pull sürücü devresi, bobin ve ön panel birimi. Aşağıda bu birimler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

4.2. Elektronik Devrenin Yapısı

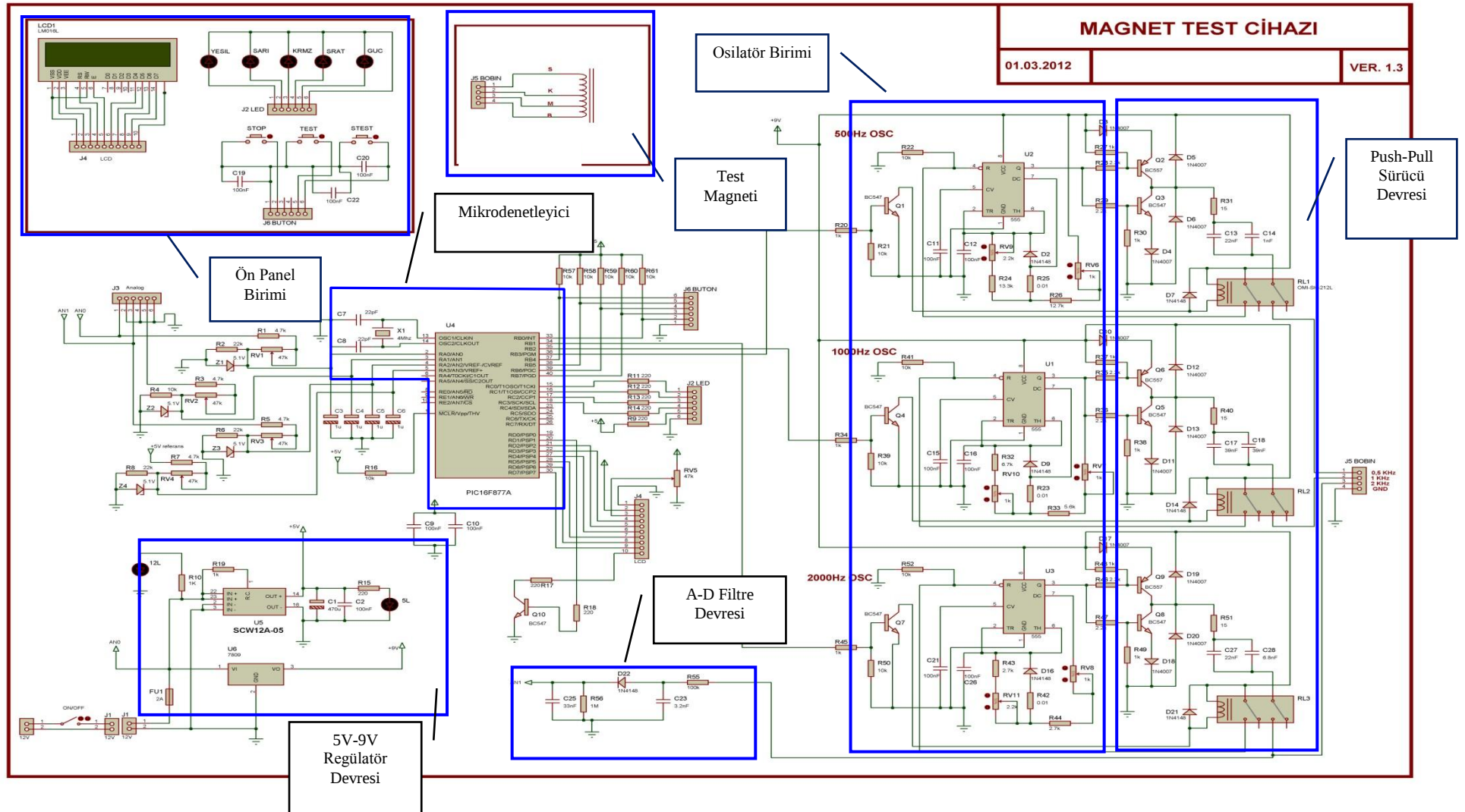
Cihazın çalışması için 12V DC gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. Mikrodenetleyici olarak PIC16F877A kullanılmıştır. Mikrodenetleyici, her bir osilatörün çalışmasına kumanda ederek geri bildirim sinyallerini izler ve magnetin hangi renk bilgisini ilettiğini tespit eder. Ön panel biriminde bulunan LED ve LCD ekran ise bilgilendirme amaçlıdır.

Ana cihaz kutusuna gelen 12V DC, mikrodenetleyicinin ihtiyacı olan 5V DC ve osilatörlerin çalışması için gerekli olan 9V DC’ye çevrilir. 5V DC gerilim SCW12A-05 DC-DC konvertörden, 9V DC gerilim ise LM7809 gerilim regülatöründen elde edilmektedir.

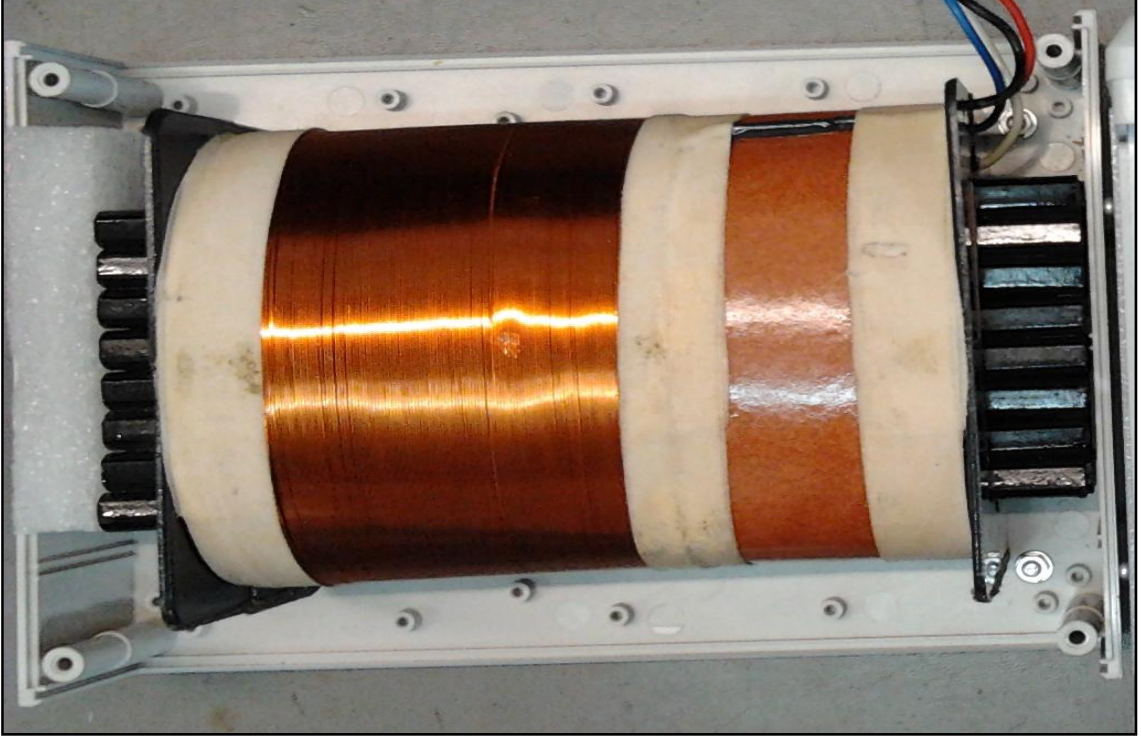
A/D çevirici filtre devresi, test magnetinin 500 Hz ucundan alınan AC gerilimi filtreler ve gerilim bölücü devresine uygular. Gerilim bölücü devresi çıkışında elde edilen 0-5 V aralığındaki DC sinyal PIC mikrodenetleyicinin analog girişlerine uygulanır.

OSC birimi, test magnetine verilmesi gereken 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslı sinyalleri üretir. OSC biriminde üç adet osilatör bulunmaktadır ve mikrodenetleyici kontrollü olarak çalışmaktadır. Üretilen kare dalga sinyal her osilatörün çıkışında bulunan röle yardımıyla test magnetine iletilir.

Test magneti, birbirine seri olarak bağlanmış üç adet bobinin tek bir karkas üzerine sarılmasıyla oluşturulmuştur. Dört ucu bulunmaktadır. Bir ucu şase bağlantısı diğer uçlar ise sinyal girişleridir. Bobinlerin indüktans değerleri sırasıyla 17 mH, 9 mH ve 221 mH olacak şekilde 0,5 mm² kesitli emaye kaplı bakır iletken ile sarımları yapılmıştır (Şekil 4.2).



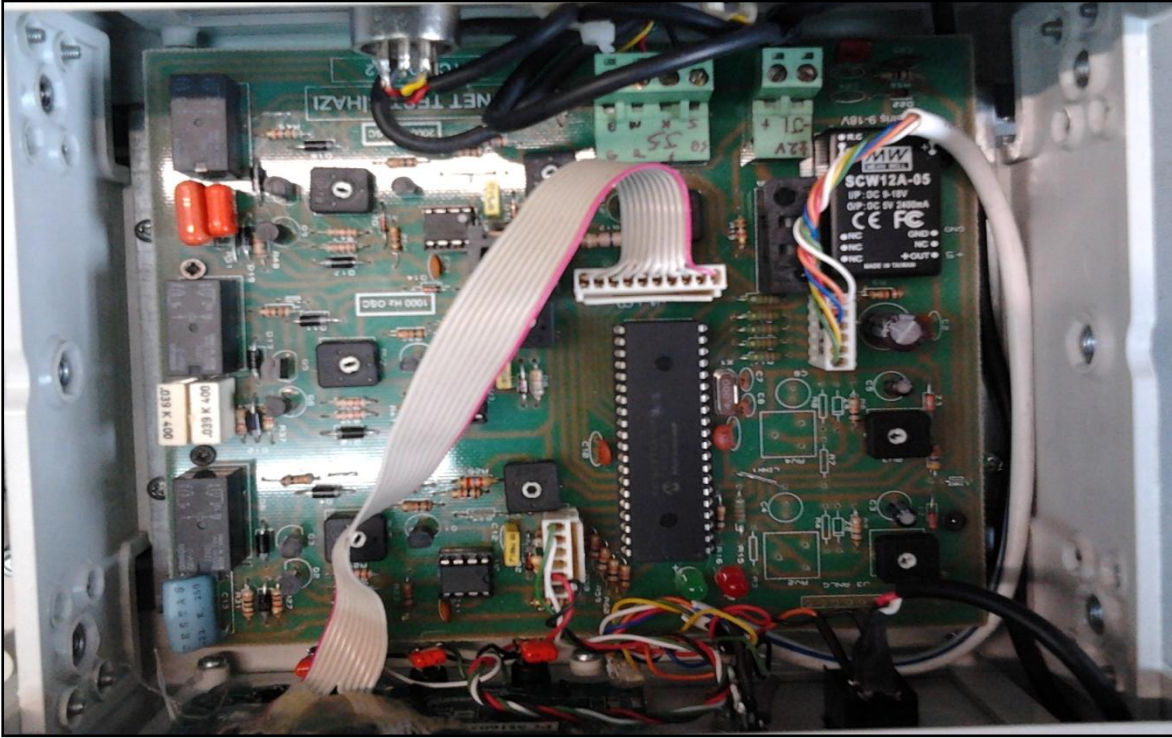
Şekil 4.1. Magnet Test Cihazı devresinin ana bölümleri



Şekil 4.2. Test magneti bobininin görünümü

Ön panel birimi üzerinde; cihaza kumanda eden aç/kapa anahtarı, test butonları, bilgi LED'leri ve LCD ekran bulunmaktadır.

Ekran olarak 4X20 Karakter LCD kullanılmış ve bu LCD 4 bit'lik data yoluyla PIC'e bağlanmıştır. Bağlantılar J4 konnektörü vasıtasıyla yapılmaktadır. Q10 transistörü ise LCD ekranın arka plan aydınlatmasını kontrol etmektedir. Tasarlanan cihazın iç ve dış görünümü Şekil 4.3-4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.3. Magnet Test Cihazının iç yapısı



Şekil 4.4. Magnet Test Cihazının dış görünümü

4.3. Test Cihazının Çalışma Prensipleri

Tasarlanan Magnet Test Cihazı'nın çalışması şöyledir:

Cihazın On-Off anahtarı kapalı konumuna alınır. Mikrodenetleyici, besleme gerilimi gelir gelmez başlangıç prosedürü gereği tüm LED'leri aktif hale getirir. 1 sn sonra LED'ler söner. Magnet Test Cihazı teste hazır hale gelir. LCD ekranda "MTC1 HAZIR" yazısı görülür. Test için 2 yol bulunmaktadır. Birincisi "TEST" butonuna basmaktır. İkincisi ise "STEST (Sürekli Test)" butonuna basmaktır. TEST butonuna basıldığında cihaz sadece bir defa test yapar ve sonucu bildirip başlangıç moduna döner. STEST butonuna basıldığında ise sürekli test modu devreye girer. Her döngü sonucunda test sonucu LCD ekran ve LED'lere yansıtılarak test baştan yapılır. Bu döngü "STOP" butonuna basılana kadar devam eder. TEST ve STEST modunda uygulanan protokol aynıdır.

Cihaz hazır beklerken Q1, Q4 ve Q7 kesimdedir. Dolayısıyla RL1, RL2 ve RL3 röleleri enerjisizdir. Tüm LED'ler sönmüş haldedir. "TEST" butonuna basıldığında PIC bunu algılar ve yazılımdaki "TEST" etiketine daller. PIC ilk olarak RB3 portunu aktif hale getirir. RB2 ve RB1 portları 0'dır. Bu çıkış Q1'i ilettime sokar. İletime giren Q1 RL1 rölesini enerjilendirir. RL1 rölesinin kontaklarının kapanmasıyla 500 Hz üreten osilatör devresi çalışmaya başlar. Üretilen kare dalga, Q2 ve Q3 transistörlerinden oluşan Push-Pull devresi ile kuvvetlendirilir. Transistör çıkışındaki kare dalga RL1 rölesinin 2. kontağı üzerinden bobinin 1 nolu girişine uygulanır. 500 Hz ile test 2 sn sürer. 1 sn sonunda bobinin 3 nolu ucundan alınan gerilim, devrenin A/D çevirici ön katında maksimum 10V DC olacak şekilde çevrilir. Bu gerilim son gerilim bölücü ve koruma devresinden geçtikten sonra PIC'in RA2 portuna verilir. PIC bu gerilimi 10 bit dijital bilgiye çevirdikten sonra "volt1" değişkenine atar. Bu değer voltaj olarak ekrana yansıtılır ve 1sn ekranda kalır. Bundan sonra ikinci basamağa geçilir.

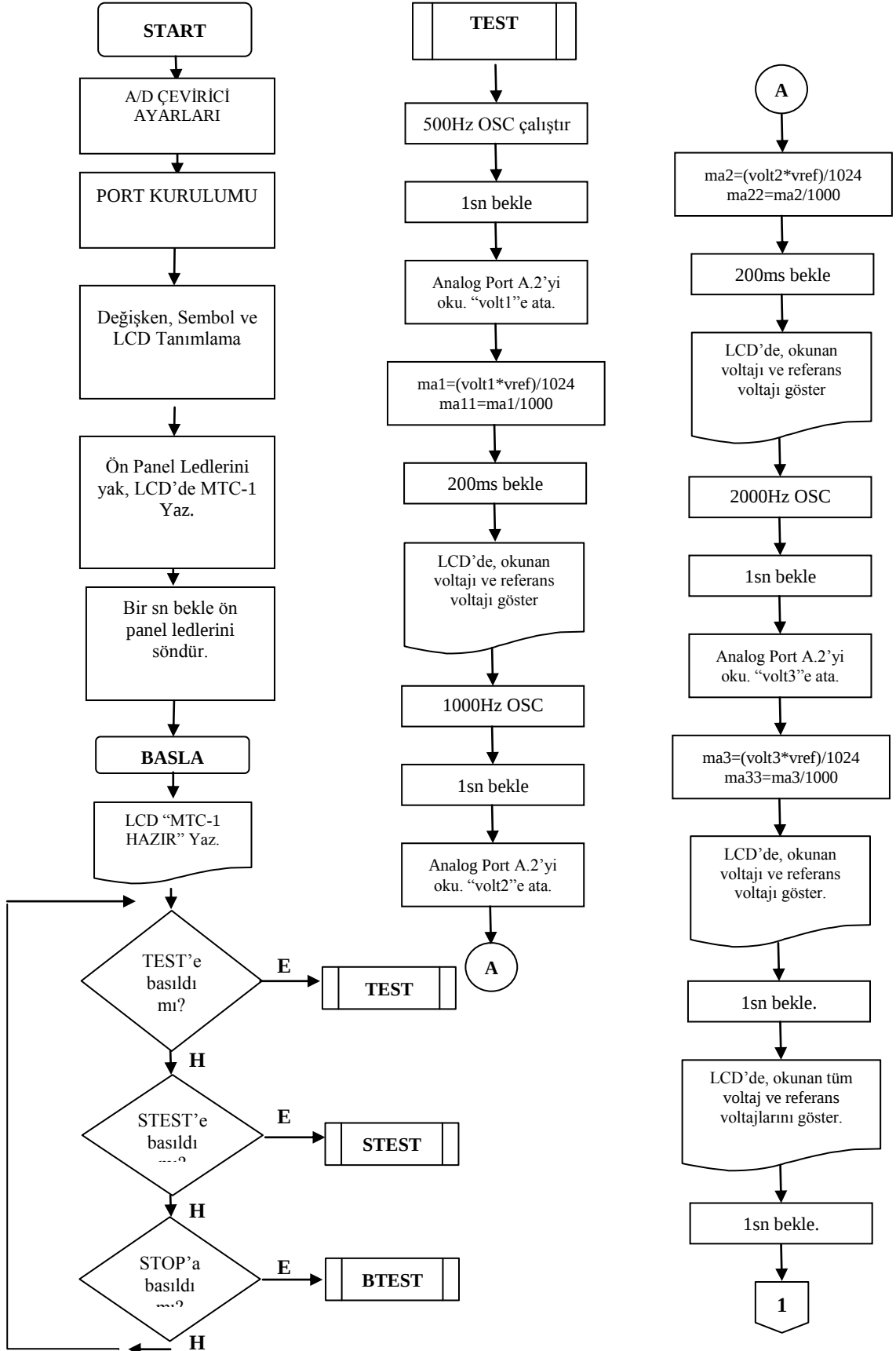
PIC ikinci aşamada RB2 portunu aktif hale getirir. RB3 ve RB1 portları 0'dır. Bu çıkış Q4 transistörünü ilettime sokar. İletime giren Q4 RL2 rölesini enerjilendirir. RL2 rölesinin kontaklarının kapanmasıyla 1000 Hz üreten osilatör devresi çalışmaya başlar. Üretilen kare dalga, Q5 ve Q6 transistörlerinden oluşan Push-Pull devresi ile kuvvetlendirilir. Transistör çıkışındaki kare dalga RL2 rölesinin 2. kontağı üzerinden bobinin 2 nolu girişine uygulanır. 1000 Hz ile test 2 sn sürer. 1 sn sonunda bobinin 3 nolu ucundan alınan gerilim, devrenin A/D çevirici ön katında maksimum 10V DC olacak şekilde çevrilir. Bu gerilim

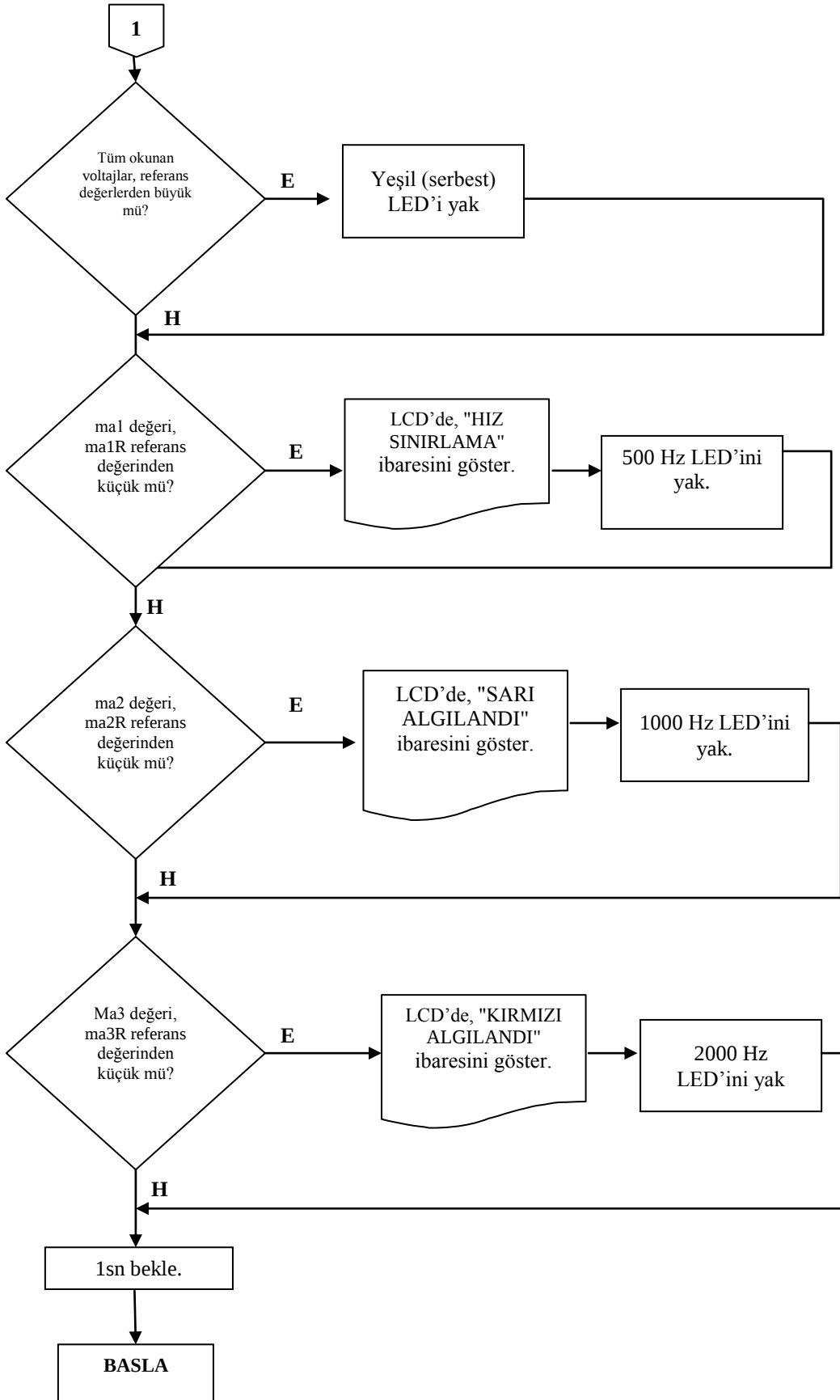
son gerilim bölücü ve koruma devresinden geçtikten sonra PIC'in RA2 portuna verilir. PIC bu gerilimi 10 bit dijital bilgiye çevirdikten sonra "volt2" değişkenine atar. Bu değer voltaj olarak ekrana yansıtılır ve 1 sn ekranda kalır.

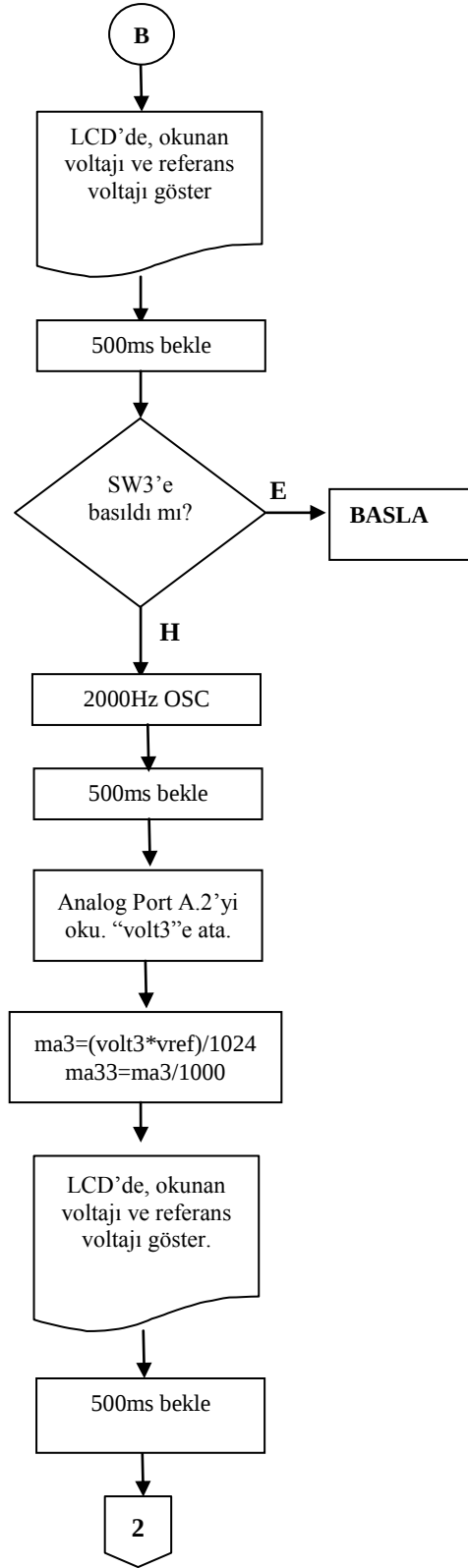
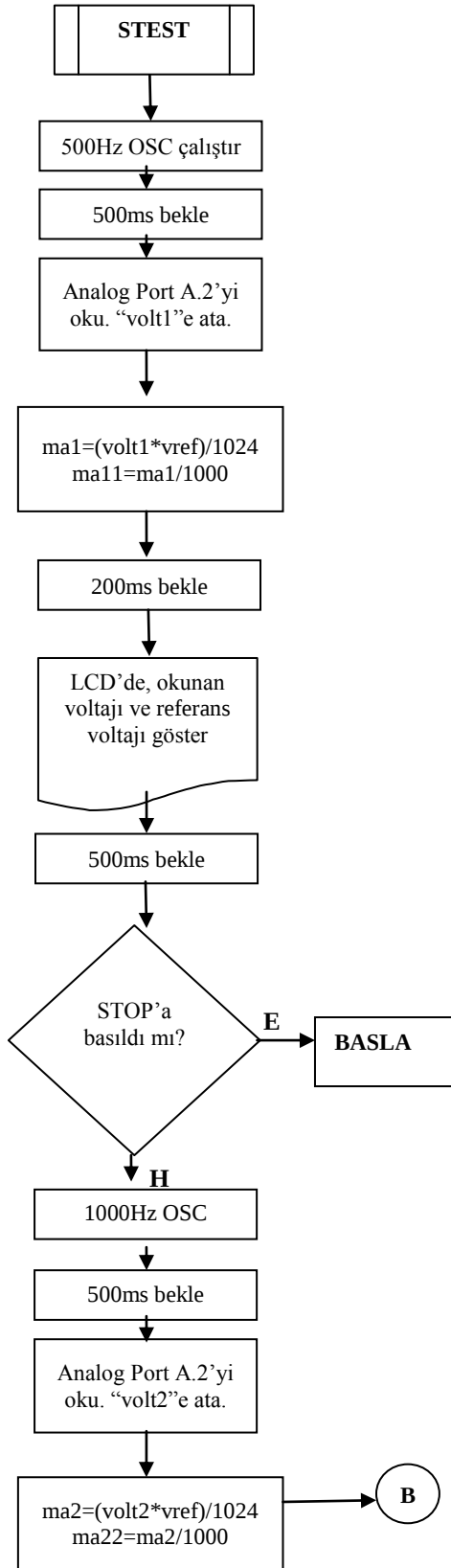
PIC üçüncü olarak RB1 portunu aktif hale getirir. RB3 ve RB2 portları 0'dır. Bu çıkış Q7 transistörünü ilettime sokar. İletime giren Q7 RL3 rölesini enerjilendirir. RL3 rölesinin kontaklarının kapanmasıyla 2000 Hz üreten osilatör devresi çalışmaya başlar. Üretilen kare dalga Q8 ve Q9 transistörlerinden oluşan Push-Pull devresi ile kuvvetlendirilir. Transistör çıkışındaki kare dalga RL3 rölesinin 2. kontağı üzerinden bobininin 3 nolu girişine uygulanır. 2000 Hz ile test 2 sn sürer. 1 sn sonunda bobinin 3 nolu ucundan alınan gerilim devrenin A/D çevirici ön katında maksimum 10V DC olacak şekilde çevrilir. Bu gerilim son gerilim bölücü ve koruma devresinden geçtikten sonra PIC'in RA2 portuna verilir. PIC bu gerilimi 10 bit dijital bilgiye çevirdikten sonra "volt3" değişkenine atar. Bu değer voltaj olarak ekrana yansıtılır ve 1sn ekranda kalır.

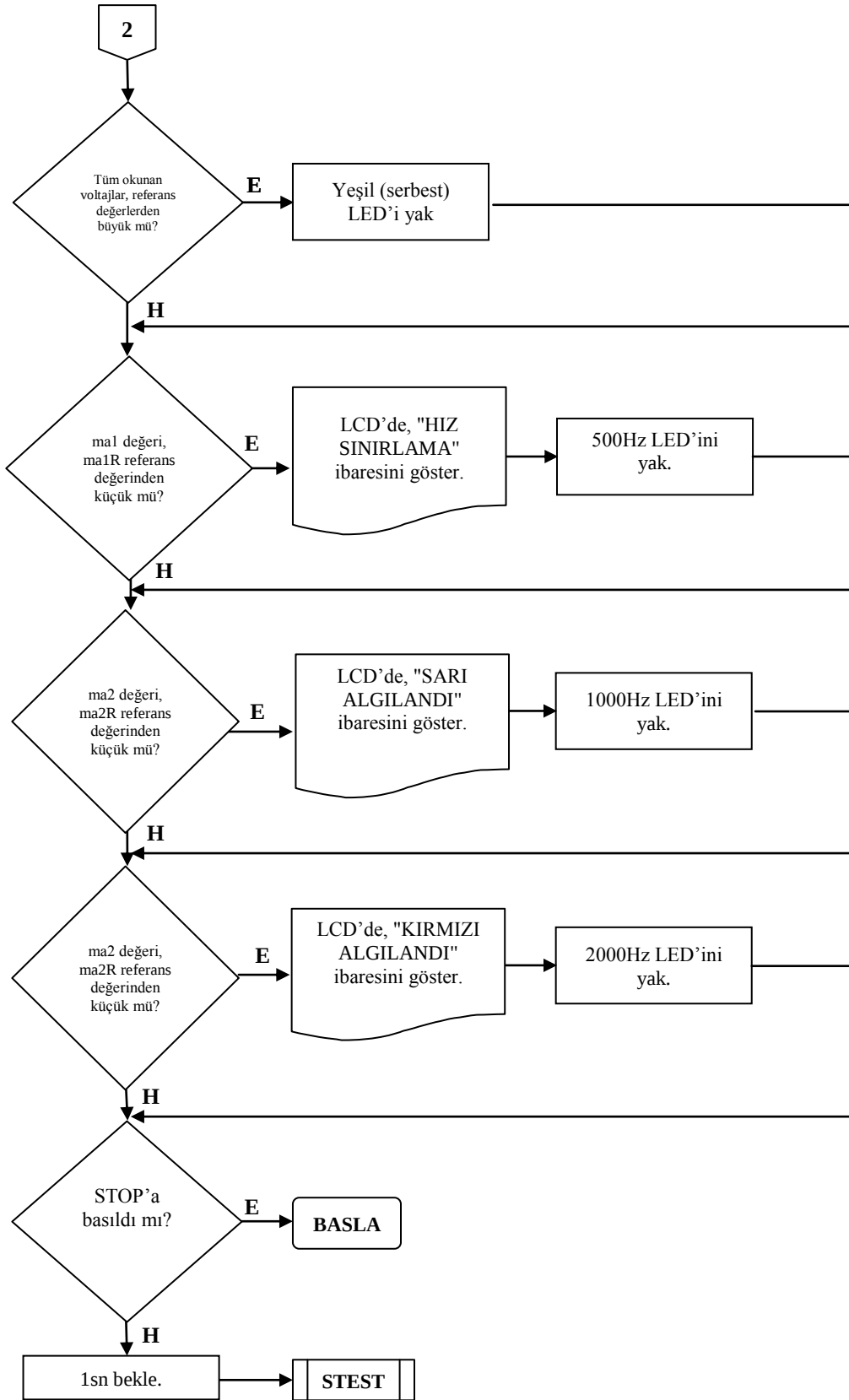
Programın akış diyagramı aşağıda verilmiştir. Bu aşamalardan sonra PIC Ek-1'de verilen yazılım gereği karşılaştırma işlemlerini yapar.

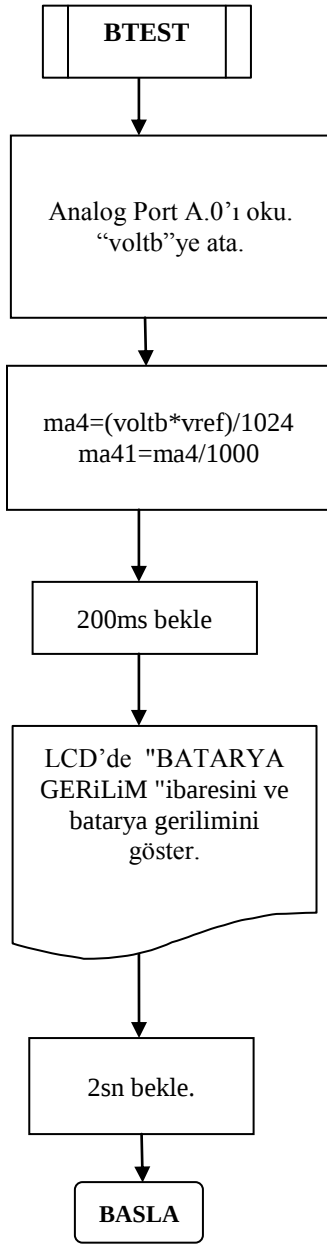
4.4. Tasarlanan Sistemin Akış Diyagramı











4.5. PIC Mikrodenetleyici Programı

Ek-1’de PIC programı verilmiştir.

PIC sırasıyla “volt1”, “volt2”, “volt3” değişkenlerine atadığı değerleri belirlenen, “vref” sabiti ile çarpar ve sonuçları 1024’e bölerek elde edilen değerleri ma1, ma2 ve ma3 değişkenlerine atar. Bu değerler bobin uçlarında ölçülen gerilim değerleridir. ma1, ma2 ve ma3 değişkenlerine atanan her frekans için ölçülen gerilim daha önceden her frekans için belirlenmiş referans gerilimleri olan “ma1r”, “ma2r” ve “ma3r” referansları ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma satırları aşağıda verilmiştir.

```
if ma1>ma1r AND ma2>ma2r AND ma3>ma3r then YSL=1:SRI=0:KRZ=0:SRT=0
```

```
if ma1<ma1r then ysl=0:sri=0:krz=0:srt=1:LCDOUT $fe,$c0, "HIZ SINIRLAMA"
```

```
if ma2<ma2r then ysl=0:sri=1:krz=0:srt=0:LCDOUT $fe,$c0, "SARI ALGILANDI"
```

```
if ma3<ma3r then ysl=0:sri=0:krz=1:srt=0:LCDOUT $fe,$c0, "KIRMIZI ALGILANDI"
```

Tüm okunan voltaj değerleri, o gerilim değerine ait referans gerilimiyle karşılaştırılmaktadır. Okunan gerilimler referans gerilimlerinden büyükse yani yol magneti ile test magneti etkileşime girmemişse PIC RC.0 portunu 1 yapar ve yeşil LED yanar.

Bir sonraki satırda “ma1” voltajı “ma1r” referans gerilimi ile karşılaştırılır. Eğer “ma1” “ma1r”den küçükse önce “SRT (Sürat)” (RC.3) portu 1 yapılır. Buna bağlı olan Hız Sınırlama LED’i yanar ve LCD ekranda “HIZ SINIRLAMA” yazısı gösterilir. Eğer bu şart gerçekleşmemiş ise yani “ma1” “ma1r” den büyükse LED yanmaz ve bir sonraki satıra geçilir.

Sıradaki satırda “ma2” voltajı “ma2r” referans gerilimi ile karşılaştırılır. Eğer “ma2” “ma2r”den küçükse önce “SRI (Sarı)” (RC.1) portu 1 yapılır. Buna bağlı olan Sarı LED yanar ve LCD ekranda “SARI ALGILANDI” yazısı gösterilir. Eğer bu şart gerçekleşmemiş ise yani “ma2” “ma2r” den büyükse LED yanmaz ve bir sonraki satıra geçilir.

Sıradaki satırda “ma3” voltajı “ma3r” referans gerilimi ile karşılaştırılır. Eğer “ma3” “ma3r”den küçükse önce “KRZ (Kırmızı)” (RC.2) portu 1 yapılır. Buna bağlı olan Kırmızı LED yanar ve LCD ekranda “KIRMIZI ALGILANDI” yazısı gösterilir. Eğer bu şart gerçekleşmemiş ise yani “ma3” “ma3r” den büyükse ilk satırda belirtildiği gibi yeşil LED yanar.

Şekil 4.5’de test cihazının çalışma esnasındaki ekran görüntülerinden örnekler verilmiştir.



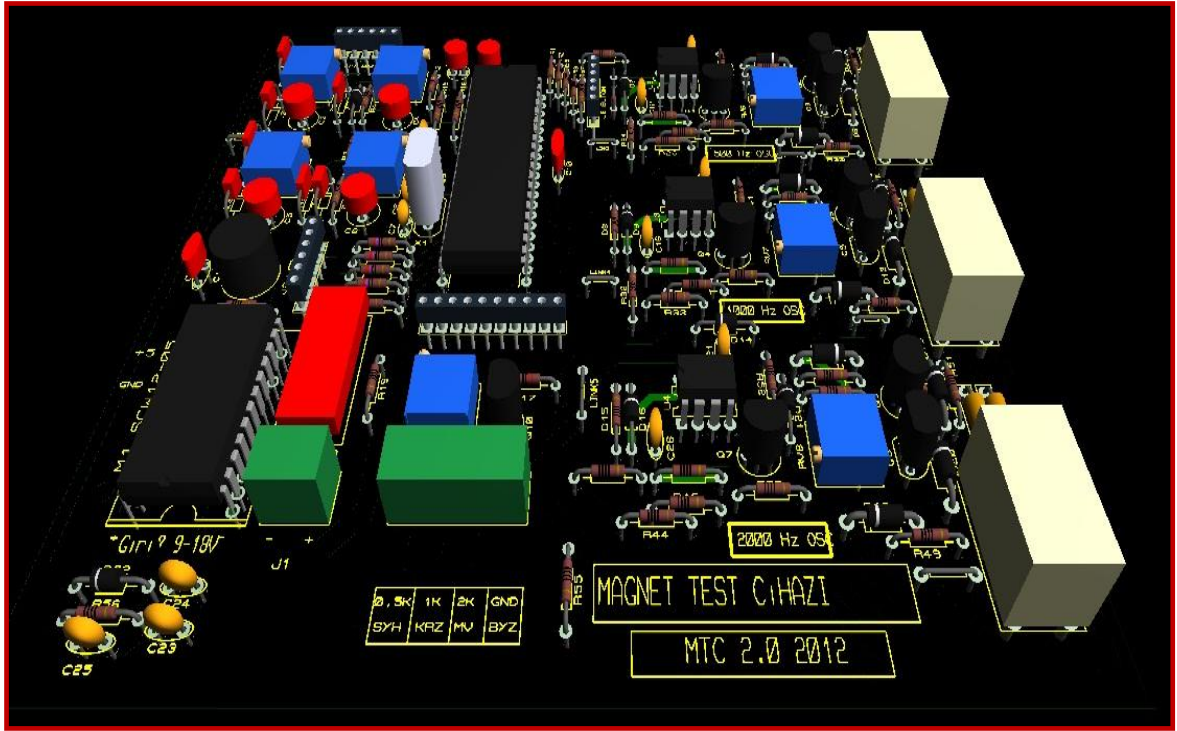
Şekil 4.5. Magnet Test Cihazının çalışma esnasındaki ekran görüntüleri

Tüm bu karşılaştırmalar sonunda ortaya çıkan sonuç 1 saniye boyunca ekranda kalır. Aynı zamanda ilgili LED 1sn boyunca yanar. Bu gösterimden sonra sistem tekrar başlangıç döngüsüne döner.

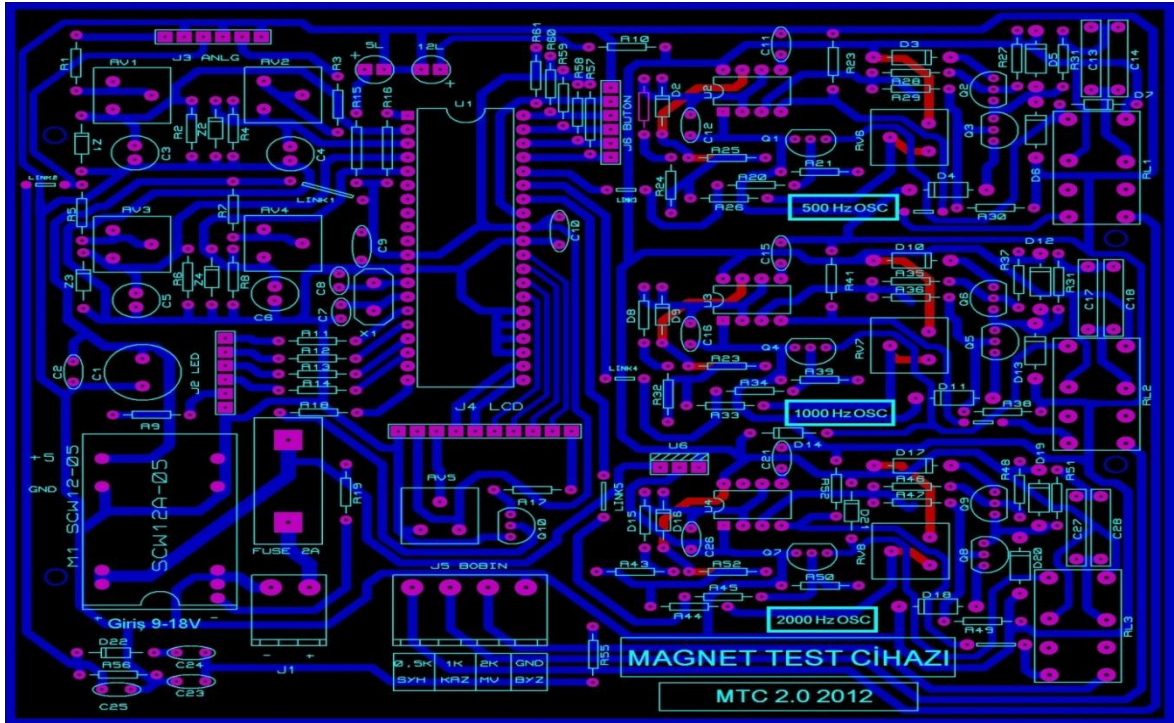
Eğer “STEST” butonuna basılır ise sistem “STEST” etiketine dallanır. Program satırları “TEST” alt programı ile aynıdır. Tek fark, karşılaştırma ve sonuçtan sonra alt program ana başlangıca değil yine “STEST” etiketine döner ve test tekrarlanır. Stop butonuna basıldığında sürekli test iptal edilir ve ana başlangıç döngüsüne geri dönlür.

Eğer cihaz hazır bekleme konumunda iken “STOP” butonuna basılırsa program “BTEST” yani batarya test etiketine dallanır. Bu alt program cihazın kendi batarya voltajını okuyup ekranda göstermesi içindir. Sağlıklı ölçüm için batarya voltajının en az 10.5 volt olması gerekir.

Şekil 4.6-4.7’de tasarlanan Magnet Test Cihazına ait eleman yerleşim planı ve PCB çizimi görülmektedir.



Şekil 4.6. PCB yerleşim planı

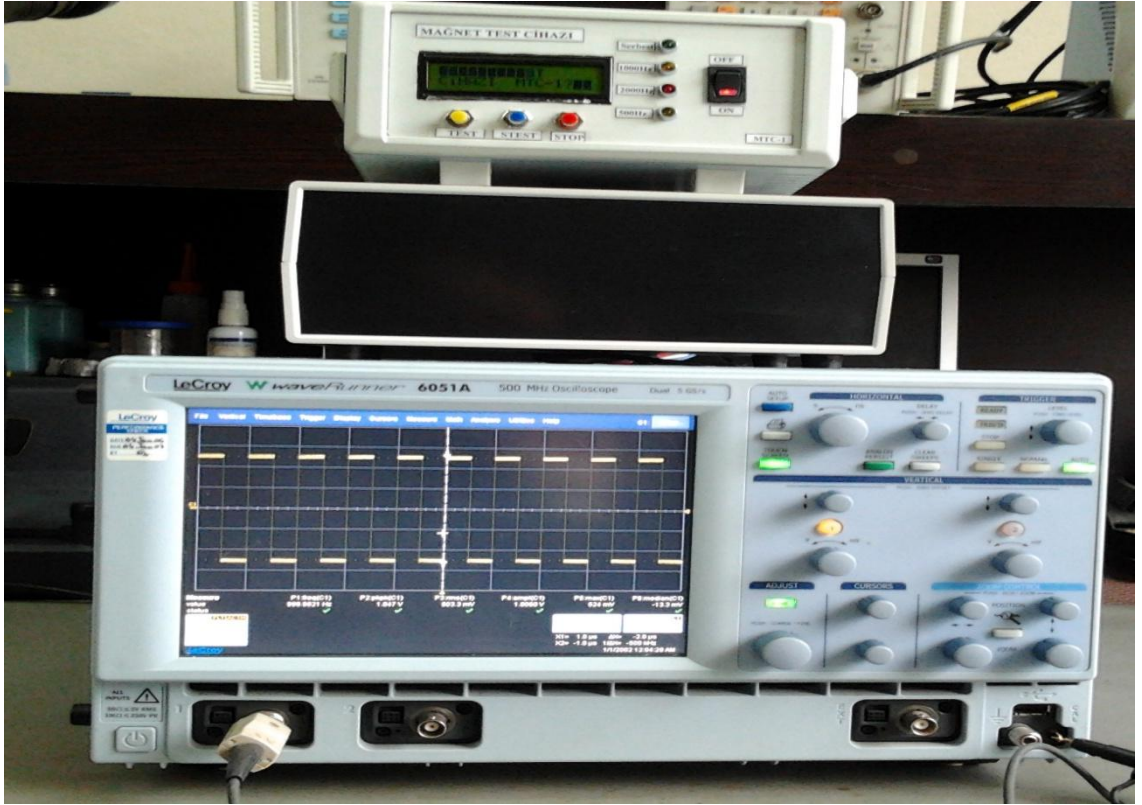


Şekil 4.7. Magnet Test Cihazı PCB çizimi

5. TEST VE ÖLÇÜM SONUÇLARI

5.1. Giriş

Tasarlanan Magnet Test Cihazı'nın ölçümleri 500 MHz, 2 kanallı 5 Gb/s örnekleme hızına sahip, Windows tabanlı işletim sistemi üzerinde çalışan dijital osiloskop ile yapılmıştır (Şekil 5.1).

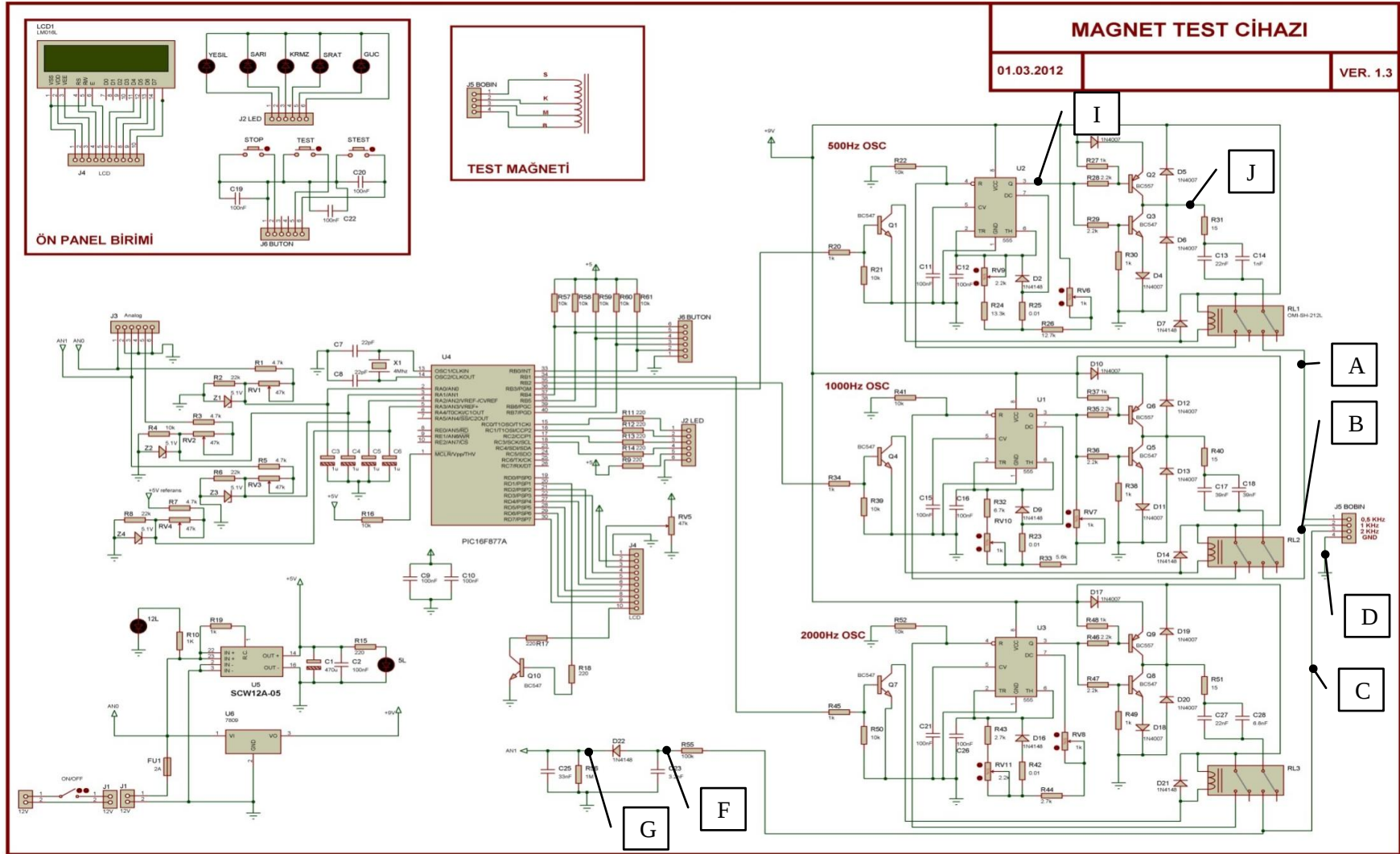


Şekil 5.1. Ölçümlerde kullanılan dijital osiloskop

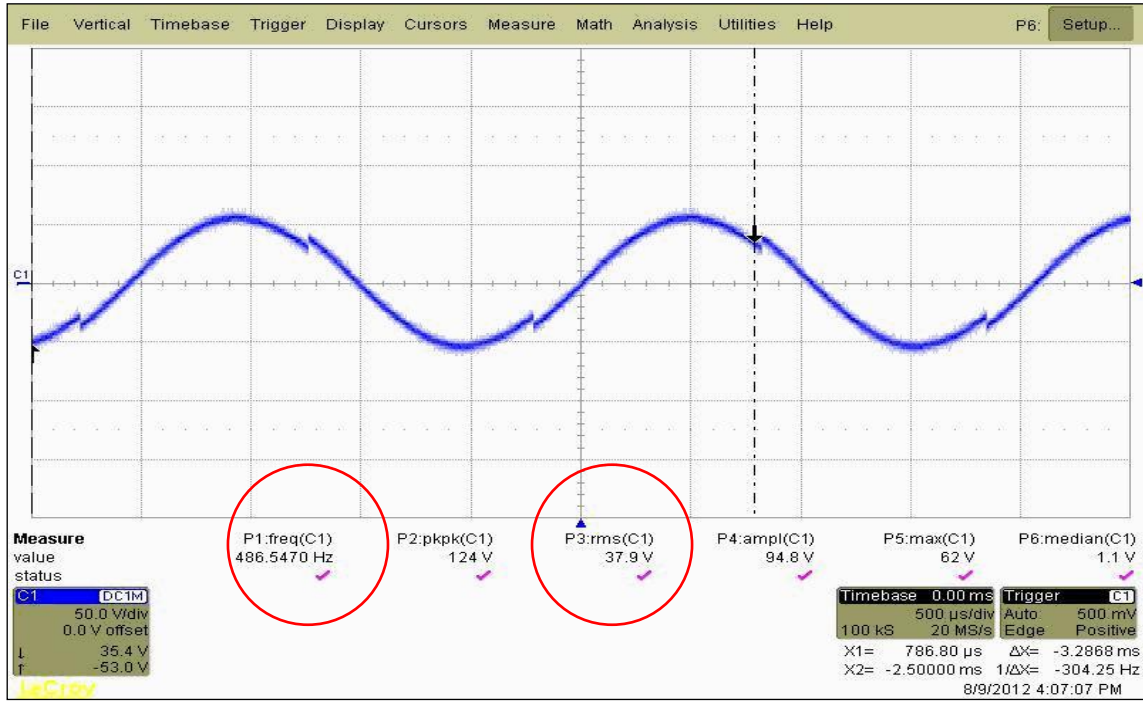
5.2. Test Magneti Hareketsiz İken Yapılan Ölçümler

5.2.1. Boşta Çalışma Testi

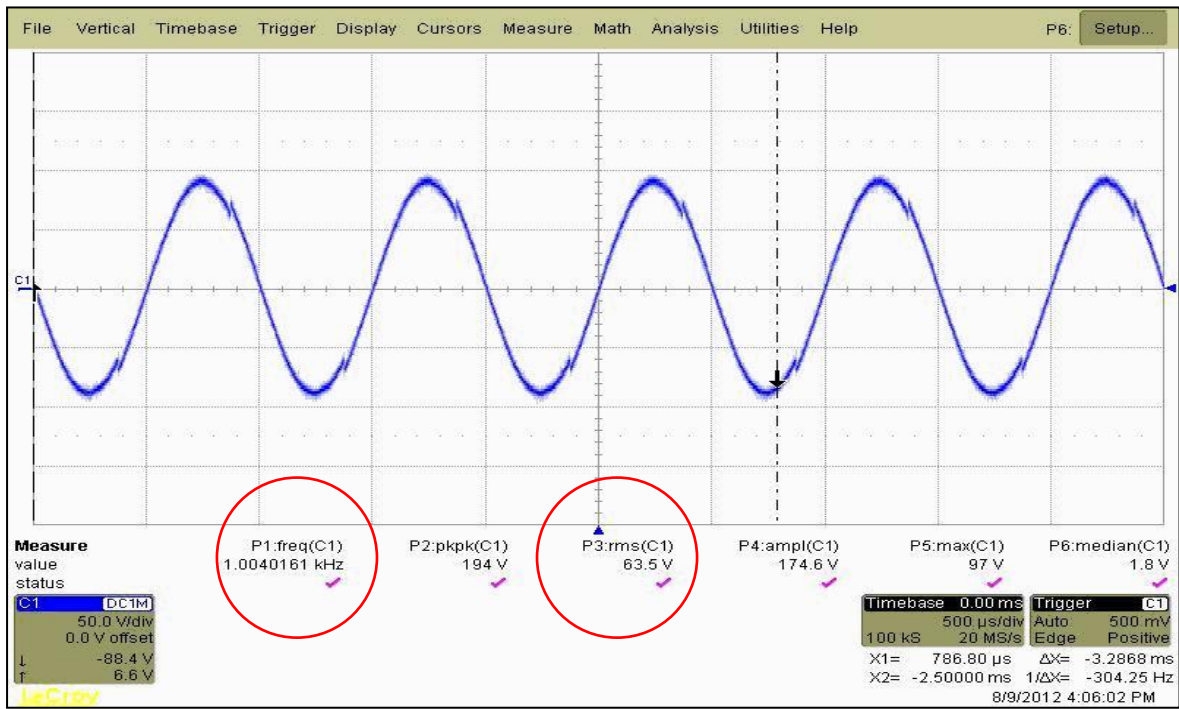
Test cihazı yol magnetinden bağımsız olarak boşta çalıştırılmıştır. Şekil 5.2'de verilen ölçüm noktalarındaki (A-D, B-D, C-D) gerilim dalga şekilleri osiloskop ile ölçülmüş ve sonuçlar Şekil 5.3, 5.4 ve 5.5'de gösterilmiştir.



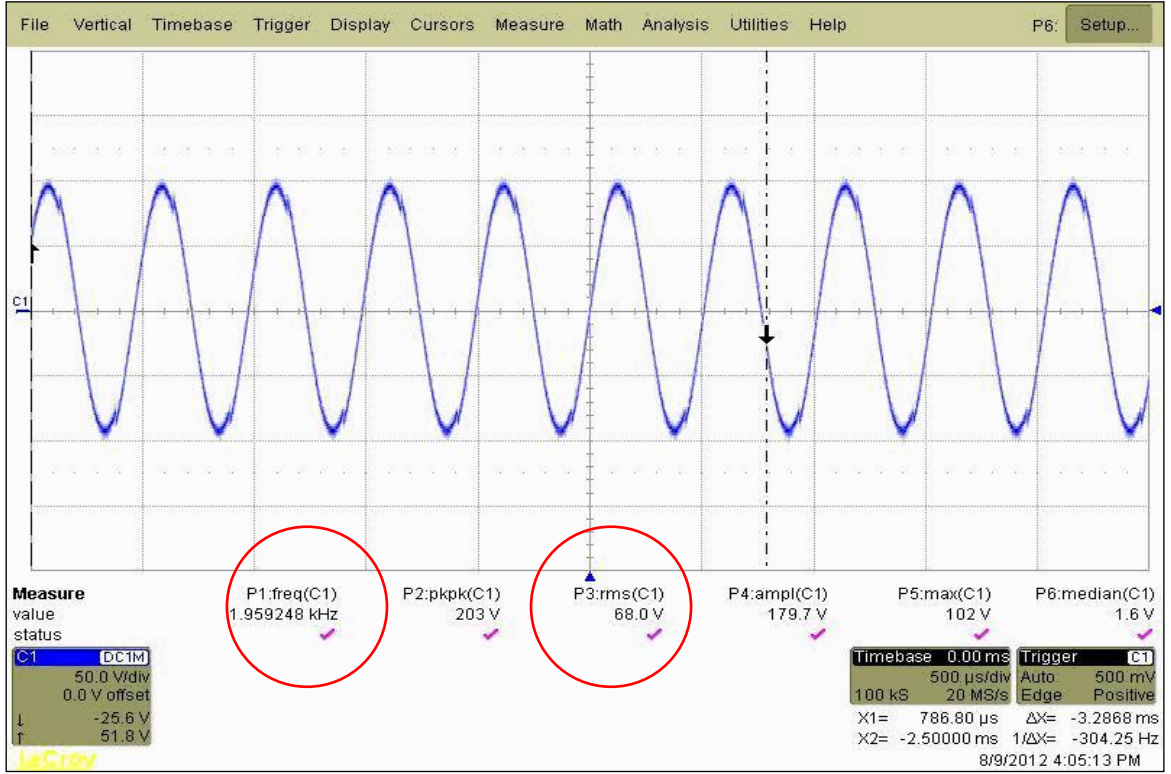
Şekil 5.2. Magnet Test Cihazı ölçüm noktaları



Şekil 5.3. Magnet Test Cihazı boştaki çalışırken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali



Şekil 5.4. Magnet Test Cihazı boştaki çalışırken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali

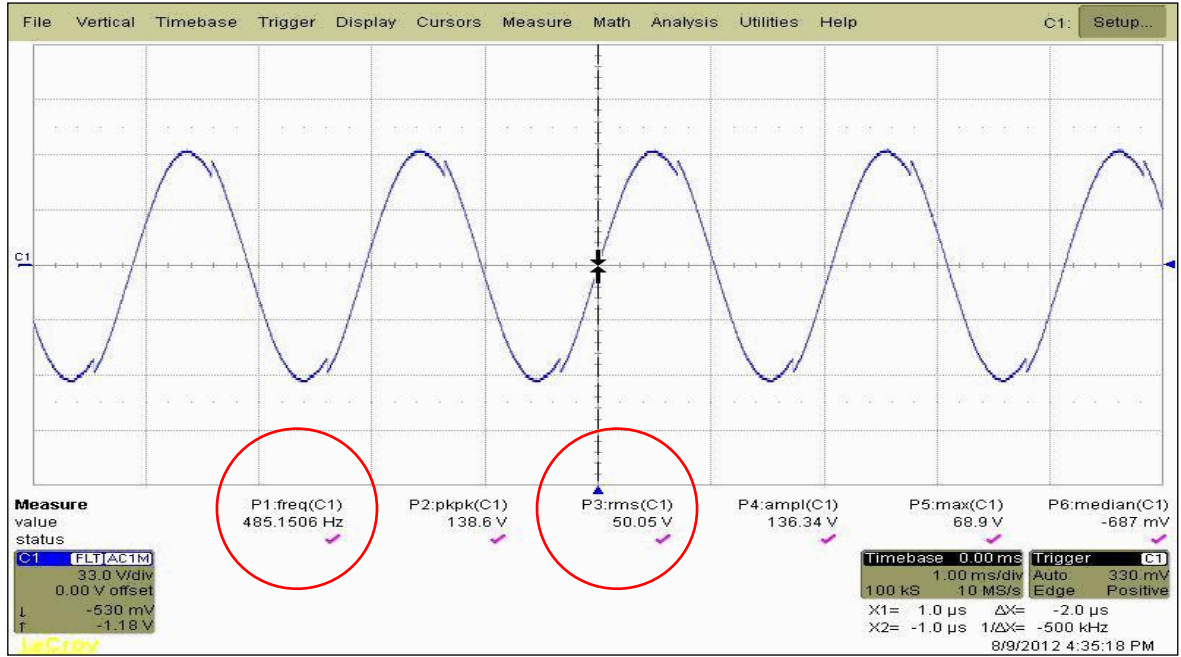


Şekil 5.5. Magnet Test Cihazı boşa çalışırken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali

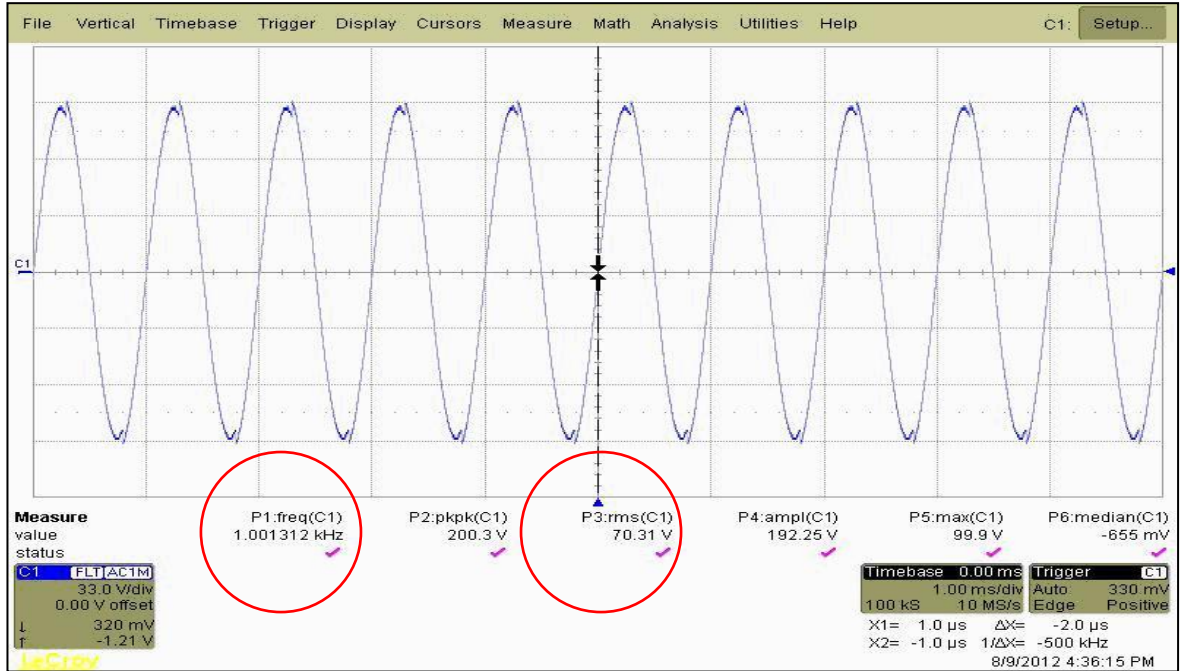
Magnet Test Cihazı yol magnetinden bağımsız çalıştırılıp bobin uçlarındaki gerilimler ölçüldüğünde 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslı çıkışlarda sırasıyla 37.9 V, 63.5 V ve 68 V değerleri okunmuştur. Bu aşamadan sonra cihaz yol magnetinin üzerine getirilerek ölçümler yapılmış ve manyetik etkileşim sırasında gerilimlerdeki değişimler gözlenmiştir.

5.2.2. Serbest Konumda Çalışma Testi

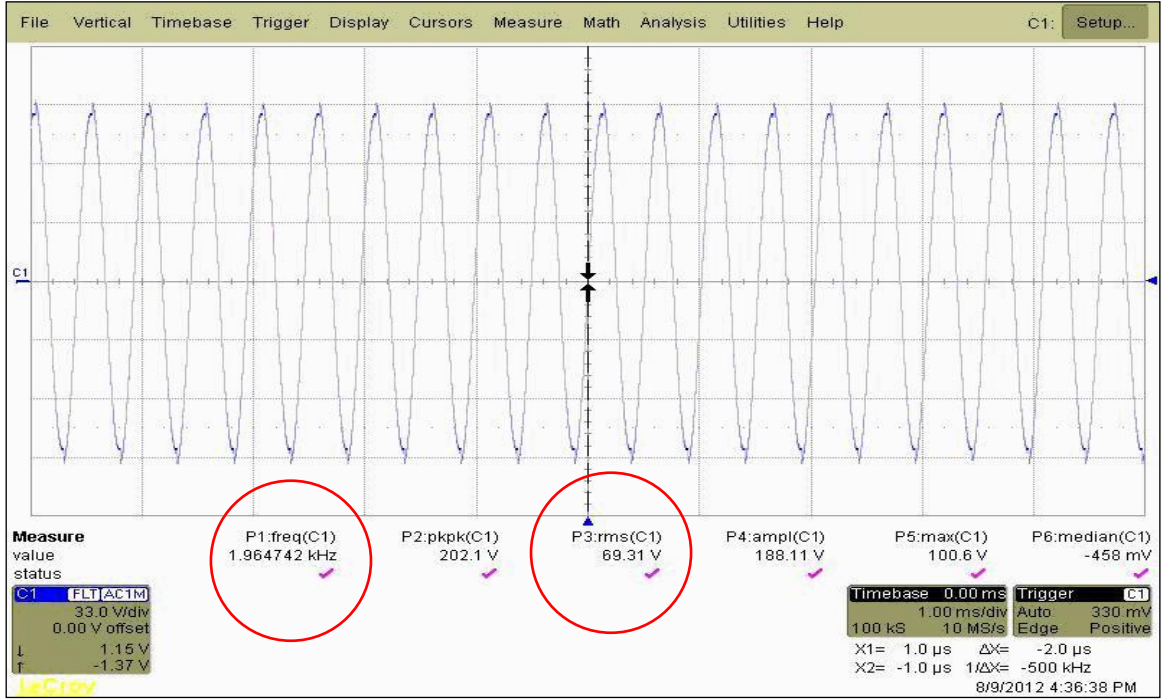
Test cihazı, yol magneti üzerinde ve serbest konumda (L-R uçları kısa devre) iken çalıştırılmıştır. A-D, B-D, C-D ölçüm noktalarındaki gerilim dalga şekilleri Şekil 5.6, 5.7 ve 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Yol magneti serbest konumda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali



Şekil 5.7. Yol magneti serbest konumda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali

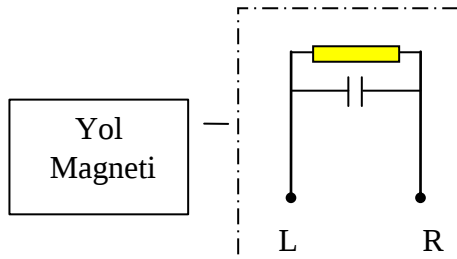


Şekil 5.8. Yol magneti serbest konumda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali

Magnet Test Cihazı yol magneti üzerine getirildiğinde 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslı çıkışlarda sırasıyla 50.05 V, 70.31 V ve 69.31 V gerilim değerleri ölçülmüştür. Her üç durumda Magnet Test Cihazı bobini ile yol magneti bobini rezonansa gelmemiştir.

5.2.3. 500 Hz Konumunda Çalışma Testi

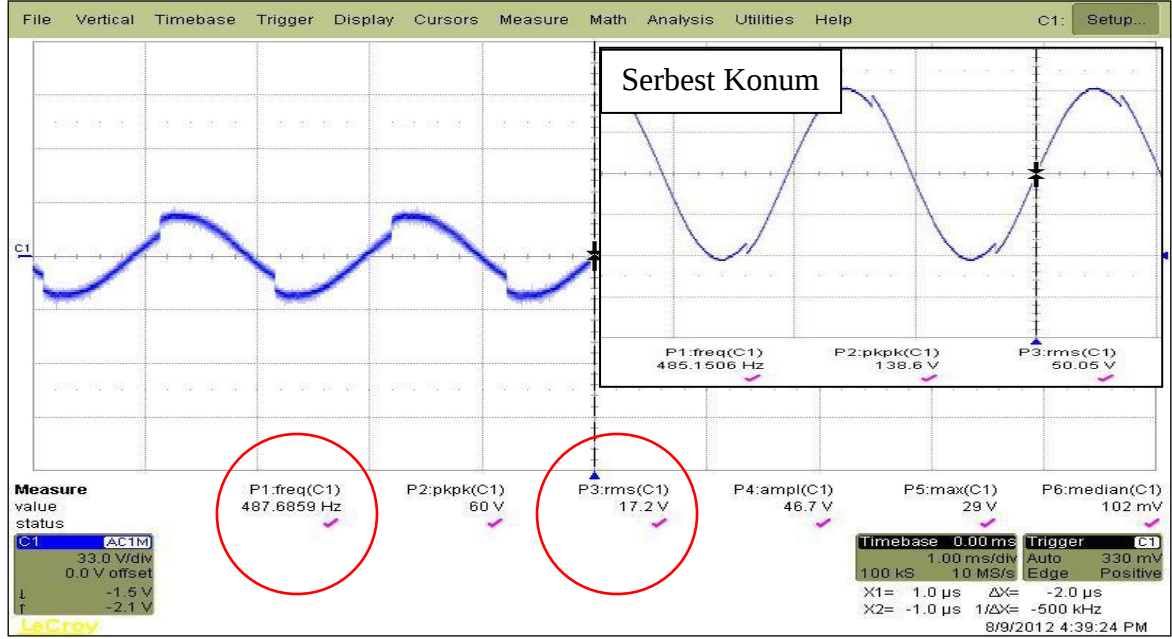
Yol magneti 500 Hz konumunda iken test cihazı yol magneti üzerine getirilerek çalıştırılmıştır. Aşağıdaki şekilde yol magnetinin 500 Hz konumundaki bağlantısı görülmektedir.



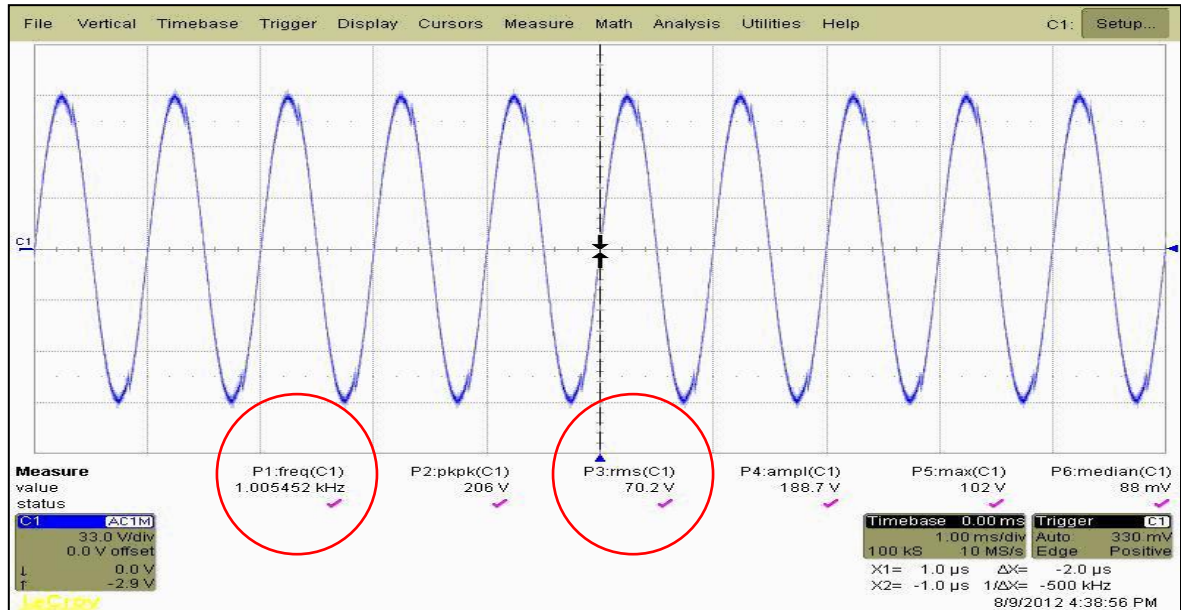
Şekil 5.9. Yol magnetinin 500 Hz konumundaki bağlantısı

Bu durumda osiloskop kullanılarak Şekil 5.2’de verilen ölçüm noktalarından (A-D, B-D, C-D) ölçümler yapılmış ve gerilim dalga şekilleri Şekil 5.10, 5.11 ve 5.12’de gösterilmiştir.

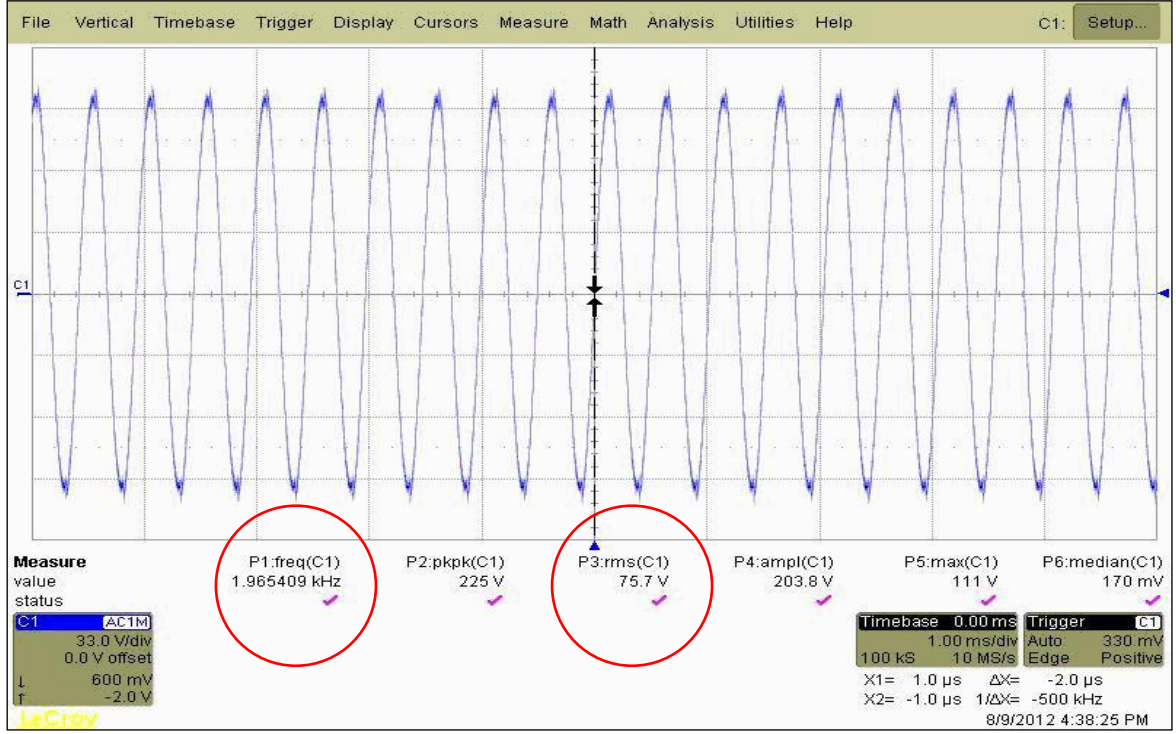
Test cihazı 500 Hz sinyali uygularken yol magneti ile rezonansa geldiği ve gerilim değerinin 50.05 Volt’tan 17.2 Volt’a düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.10. Yol magneti 500 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali



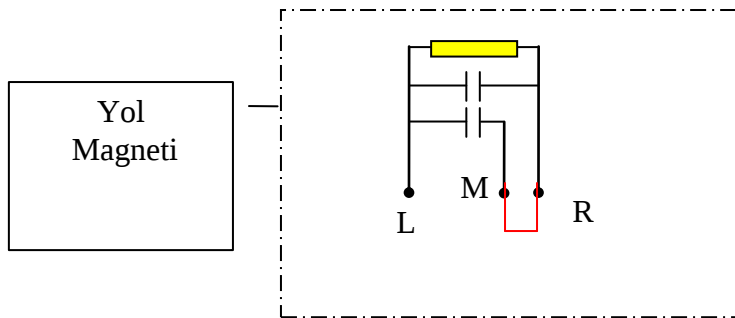
Şekil 5.11. Yol magneti 500 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali



Şekil 5.12. Yol magneti 500 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali

5.2.4. 1000 Hz Konumunda Çalışma Testi

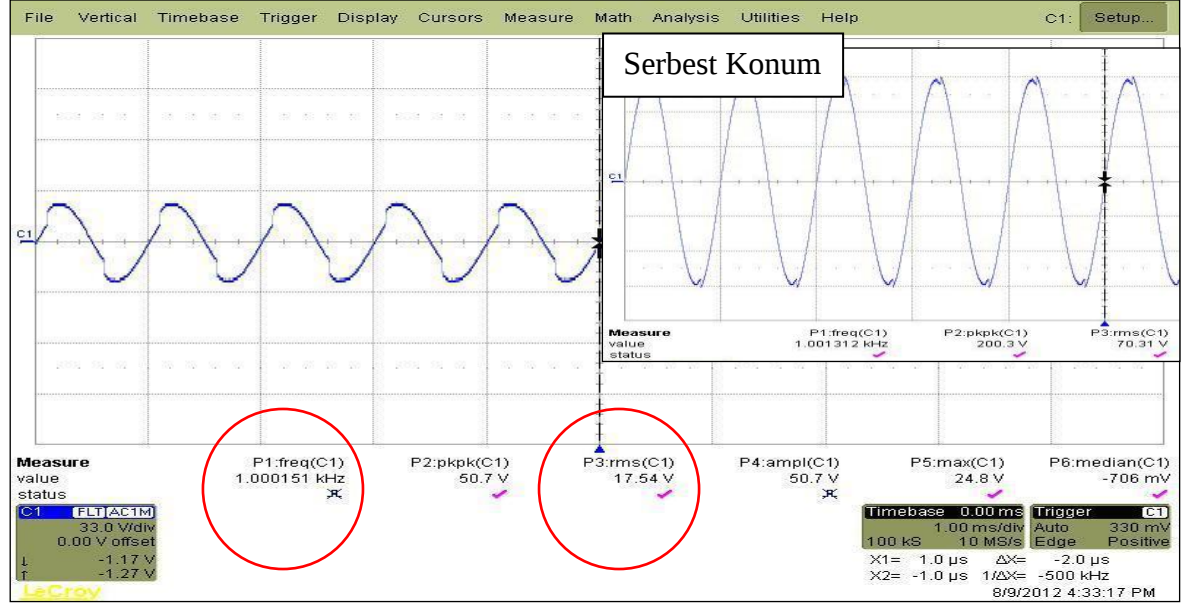
Yol magneti 1000 Hz konumda iken test cihazı yol magneti üzerine getirilerek çalıştırılmıştır. Aşağıdaki şekilde yol magnetinin 1000 Hz konumundaki bağlantısı görülmektedir. M ve R uçları kısa devre olduğundan bobin ve kondansatörler birbirine paralel bağlı durumdadır.



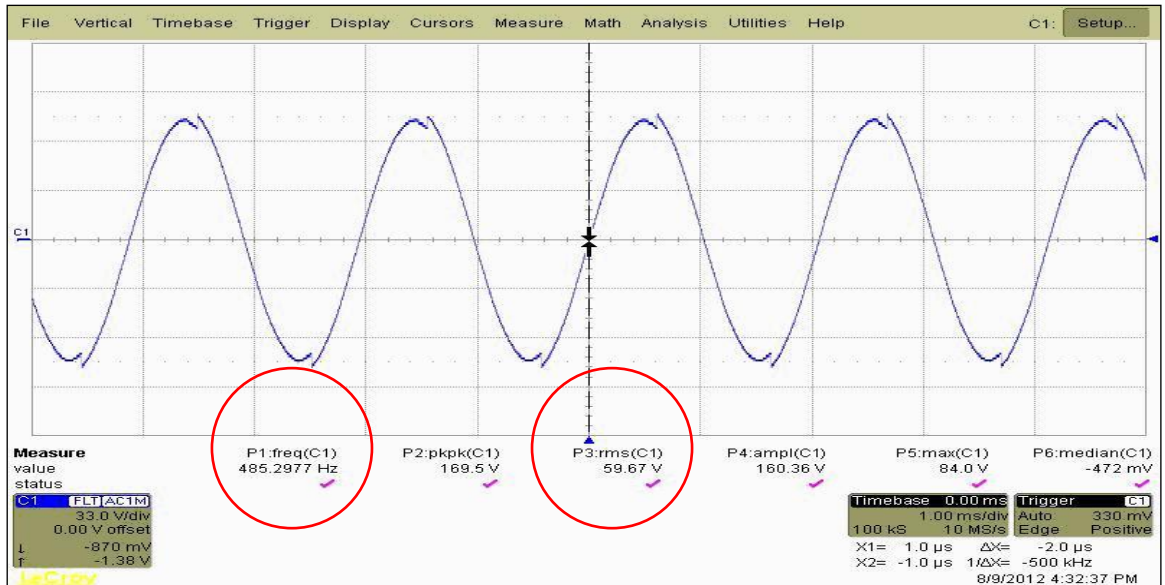
Şekil 5.13. Yol magnetinin 1000 Hz konumundaki bağlantısı

Bu durumda osiloskop kullanılarak A-D, B-D, C-D uçlarından ölçümler yapılmış ve gerilim dalga şekilleri Şekil 5.14, 5.15 ve 5.16’da gösterilmiştir.

Test cihazı 1000 Hz sinyali uygularken yol magneti ile rezonansa geldiği ve gerilim değerinin 70.31 Volt’tan 17.54 volt’a düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.14. Yol magneti 1000 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali



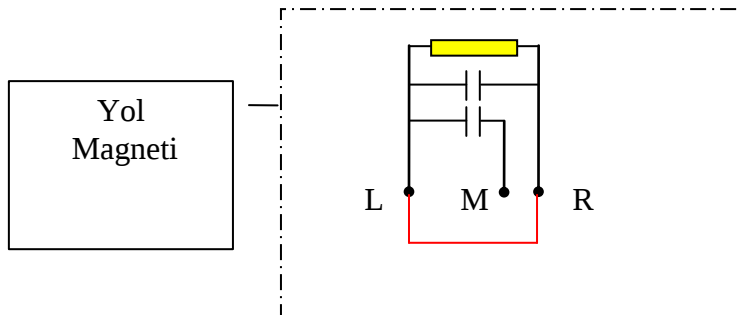
Şekil 5.15. Yol magneti 1000 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali



Şekil 5.16. Yol magneti 1000 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali

5.2.5. 2000 Hz Konumunda Çalışma Testi

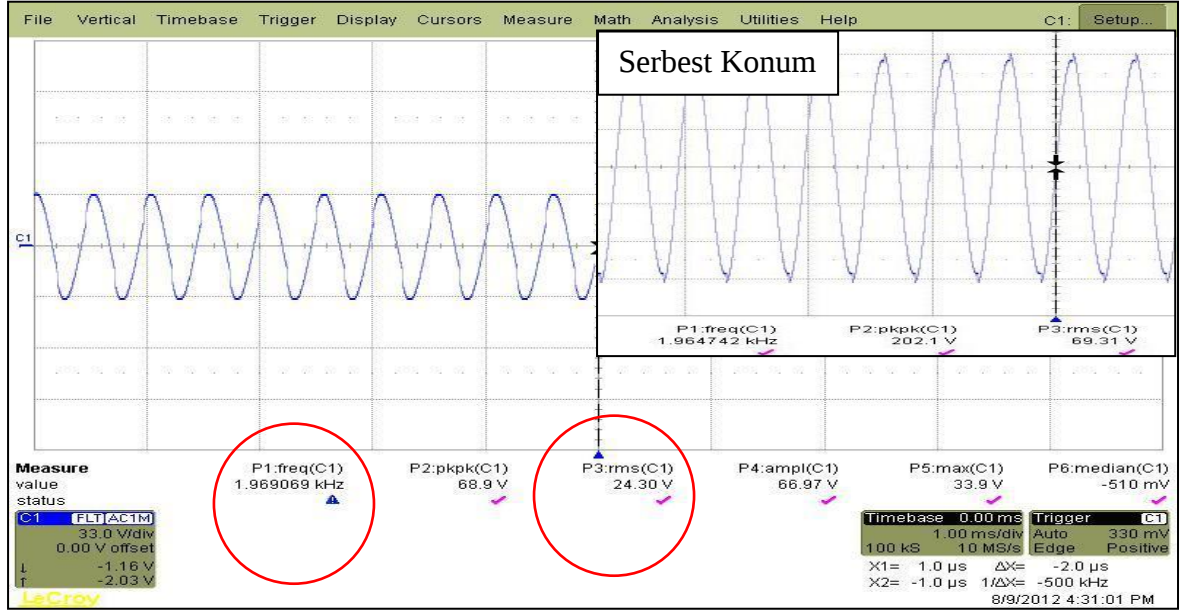
Yol magneti 2000 Hz konumda iken test cihazı yol magneti üzerine getirilerek çalıştırılmıştır. Aşağıdaki şekilde yol magnetinin 2000 Hz konumundaki bağlantısı görülmektedir. L ve R uçları kısa devre olduğundan, yol magneti devresinde bobin ve kondansatörden oluşan LC devresi bulunmaktadır.



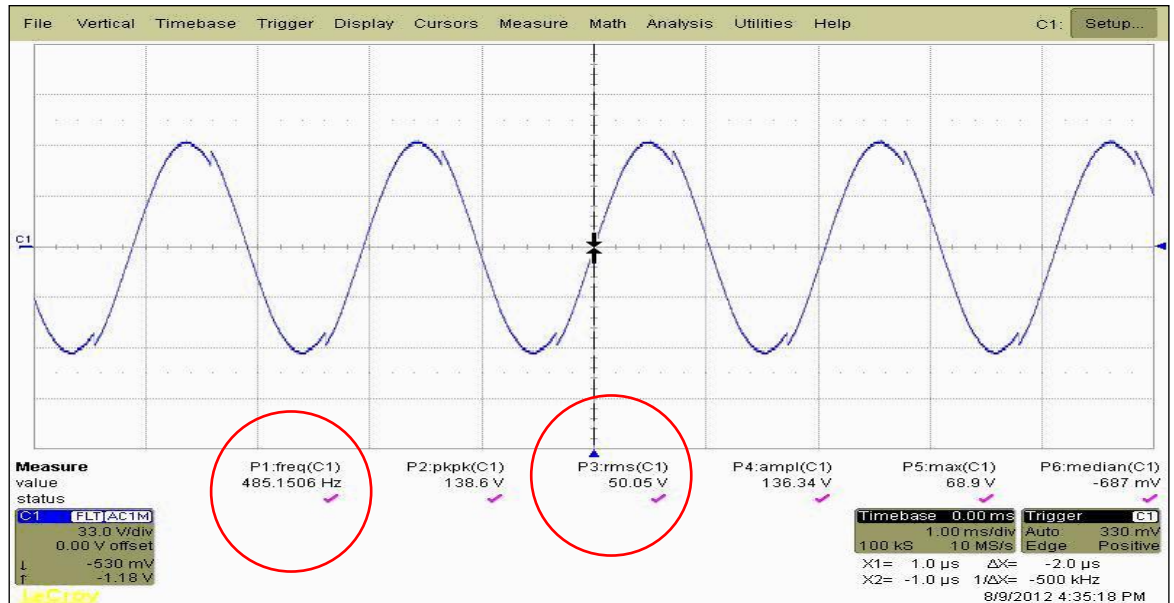
Şekil 5.17. Yol magnetinin 2000 Hz konumundaki bağlantısı

Osiloskop kullanılarak Şekil 5.2’de verilen ölçüm noktalarından ölçümler yapılmış ve elde edilen dalga şekilleri Şekil 5.18, 5.19 ve 5.20’de gösterilmiştir.

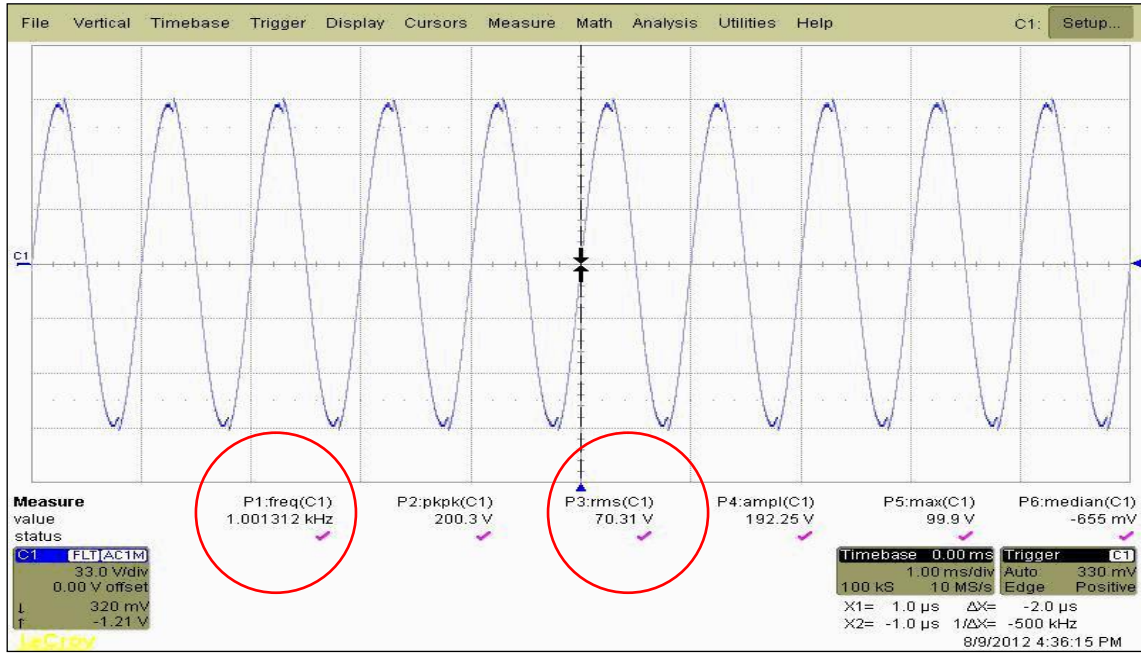
Test cihazı 2000 Hz sinyali uygularken yol magneti ile rezonansa geldiği ve gerilim değerinin 70.31 Volt’tan 24.3 volt’a düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.18. Yol magneti 2000 Hz konumunda iken C-D noktalarından ölçülen 2000 Hz sinyali



Şekil 5.19. Yol magneti 2000 Hz konumunda iken A-D noktalarından ölçülen 500 Hz sinyali



Şekil 5.20. Yol magneti 2000 Hz konumunda iken B-D noktalarından ölçülen 1000 Hz sinyali

Gerçekleştirilen ölçümlere ait toplu sonuçlar Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Magnet Test Cihazı gerilim ölçüm sonuçları

Yol Magneti Durumu	V_{A-D} (V)	f_{A-D} (Hz)	V_{B-D} (V)	f_{A-D} (Hz)	V_{C-D} (V)	f_{C-D} (Hz)	Test Sonucu
Boşta Çalışma	37.90	486.54	63.50	1004.01	68	1959.24	
Serbest	50.05	485.15	70.31	1001.31	69.31	1964.74	YEŞİL
500 Hz	17.2	487.68	70.20	1005.45	75.7	1965.40	40 km/h HIZ SINIRI
1000 Hz	59.67	485.29	17.54	1000.15	67.23	1965.73	SARI
2000 Hz	40.05	485.15	70.31	1001.31	24.30	1919.06	KIRMIZI

5.3. Test Magneti Hareket Halinde İken Yapılan Ölçümler

Tezin bu aşamasına kadar Magnet Test Cihazının yol magneti üzerinde sabit durduğu durumlara ait ölçümler verilmiştir. Hareket halindeki sonuçları gözleyebilmek için özel bir mekanizma geliştirilmiştir. Aşağıda bu test işlemlerine ait ayrıntılar ve ölçüm sonuçları verilmiştir.

5.3.1. Hareket Halinde Yapılan Testler

Hareket halinde ölçüm yapabilmek için osilatör birimlerinde sürekli sinyal olması sağlanmış ve önceki testlerde kullanılan Magnet Test Cihazı bobini yerine T.C.D.D. bünyesinde bulunan araç üstü magnet kullanılmıştır. Böylece yol magnetine aynı anda 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslı sinyaller uygulanmış ve bu sinyallerin oluşturduğu etki Magnet Test Cihazı tarafından yorumlanarak yol magnetinin renk bildirimi belirlenmiştir. Cihazı hareket halinde yol magnetinin üzerinde geçirebilmek için tekerlekli bir kabin yapılmıştır (Şekil 5.21). Magnet Test Cihazı araç üstü magneti ile birlikte hazırlanan kabine yerleştirilerek teste hazır hale getirilmiştir. Zemine konulan yol magnetleri üzerinde hareket ettirilen düzeneğin, yol magnetlerinin bildirimlerini doğru olarak algıladığı görülmüştür.



Şekil 5.21. Magnet Test Cihazı hareketli deneme kabini

Şekil 5.22’de hareket halinde testi gerçekleştirebilmek için tasarlanan devre görülmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; demiryolu sinyalizasyon sisteminde kullanılan ATS sistemiyle ilgili bilgiler verilmiştir. ATS sisteminin bir parçası olan yol magnetleri çalışma testlerinin makul sürelerde yapılabilmesi için Magnet Test Cihazı tasarlanmıştır.

Demiryollarının sinyalli bölgelerinde, sinyalin renk bildirimlerini ve istasyon girişlerinden 300 metre ileride 40 km/h hız sınırlama bilgisini lokomotiflere ileten yol magnetleri bulunur. Yapılan ölçümler neticesinde yol magnetinden alınan bilgiler o andaki sinyal rengi ile karşılaştırılarak çalışma testleri tamamlanır. Büyük bir kısmı tek hatlı olan demiryollarının her noktasına karayolu ile ulaşma imkânı yoktur. Bu durum yol magnetlerinin çalışma testlerini yapmayı, tren trafiği uzun süre durdurulamayacağından neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Tasarlanan cihaz sayesinde, yol magnetlerinin çalışma testleri hareket halinde iken yapılabilecektir. Magnet Test Cihazı demiryolları bakım otosuna monte edilerek sadece seyir süresinde çalışma testleri tamamlanabilecektir.

Demiryollarında kullanılan sistemlerin birçoğu yurtdışında ithal edilmektedir. Montajı, bakım onarımları ve yedek parça temini düşünüldüğünde bu teknolojiler ülkemize pahalıya mal olmaktadır. Yapılan ve yapılacak olan çalışmaların gerek ekonomik açıdan gerekse istihdam açısından önemli olduğu aşikârdır.

Tez çalışması, sistemin araştırılması ve teknolojik ihtiyaçlarımızın kendi ürettiğimiz ürünlerle giderilebilmesi adına küçük bir adımdır. Yapılan bu çalışmalar geliştirilerek devam ettirilmelidir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Banerjee, S., 2012. Basics of Railway Signaling, Bald Hills QLD Australia.
- [2] Minnis, J., 2012. Railway Signal Boxes: A Review, Research Report Series, No. 28, England.
- [3] Van der Flier, H., Schoonman, W., 1988. Railway Signals Passed at Danger: Situational and Personal Factors Underlying Stop Signal Abuse, [Applied Ergonomics](#), **19 (2)**, 135–141.
- [4] Rail Signalling Technology Planning for the future, I300153 Invensys Rail Signalling Tech. Indd, 1-14.
- [5] Siahvashi, A., Moaveni, B., 2010. Automatic Train Control based on the Multi-Agent Control of Cooperative Systems, *The Journal of Mathematics and Computer Science*, **1(4)**, 247-257.
- [6] Dong, H., Ning, B., Cai, B., Hou, Zh., 2010. Automatic Train Control System Development and Simulation For High-Speed Railways, *IEEE Circuits and Systems Magazine*, second quarter, **10(2)**, 6-18.
- [7] Sunho, Y., Younghwan, K., Kyuhyoung, C., 2009. A Study on the EMI between ATS and ATC/ATO System, *The International Conference on Electrical Engineering*, 1-5.
- [8] Yasunobu, S., Miyamoto, S., Ihara, H., 2002. A Fuzzy Control for Train Automatic Stop Control, *Trans. of the Society of Instrument and Control Engineers*, **E-2 (1)**, 1-9.
- [9] MEGEP, Raylı Sistemler Teknolojisi, Tren Koruma ve Kontrol Sistemleri, 2009, Ankara.
- [10] Miyachi, M., Ikeda, H., Tokuhashi, H., 2000. Development of Integrated Automatic Train Stop with Patterns (Ats-P) On-Board System, WIT Press, ISBN 1853128260.
- [11] www.princeton.edu/~ota/disk3/1976/7614/7614.pdf
Automatic Train Control in Rail Rapid Transit, United States Congress Office of Technology Assessment, May 1976 NTIS order #PB-254738
- [12] www.trainweb.org/tubeprune/Victoria%20Line%20ATO.htm
Tubeprune: Automatic Train Operation on the Victoria Line,
- [13] Kiwaki, H., Goto, T., 1971. Automatic Train Stop Position Control Equipment for the Site of Former Expo70, INTERMAG Conference, Denver, Colorado, 521-523.

- [14] Kichenside, G., Williams, A., 1998. Two Centuries of Railway Signalling, Oxford Publishing Co.
- [15] Brian, F.W., 2006. Railroad's Traffic Control Systems.
- [16] www.nycsubway.org/tech/signals/ Subway Signals: A Complete Guide.
- [17] Vanns, M.A., 1998. Signalling in the Age of Steam (Ian Allan abc), ISBN-13: 978-0711023505.
- [18] Elements of Railway Signaling, 1979. General Railway Signal, ASIN: B000GFI6YQ
- [19] T.C.D.D. Trenlerin Hazırlanmasına ve Trafiğine Ait Yönetmelik, 1982. Düzenleme 2003.
- [20] Robbins, A.H., Wilhelm, C. M., 2003. Circuit Analysis-Theory and Practice (3rd ed.)
- [21] Rezonans Devreleri, KTÜ, Elektrik Elektronik Müh. Böl. Temel Elektrik Lab.
- [22] Sannuti, P., Series and Parallel Resonance, 2004. The State University of New Jersey Rutgers, School of Eng., Dep. of Electrical and Comp. Eng., Principles of Electrical Eng. II Laboratory.
- [23] Chua, L., Desoer, C.A., Kuh, E.S., 1987. Linear and Nonlinear Circuits, McGraw-Hill Inc. ,US, ISBN-10: 0070108986
- [24] Ünver, H.M., 2010. Paralel Rezonans Devrelerinde Basit ve Güvenilir Rezonans Frekansı Belirlemede Yeni Bir Yaklaşım, *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(2), 6-12.
- [25] İşak, P., Kelebekler, E., Yıldız, A.B., 2007. Karşılıklı Endüktans Etkisinin Anahtarlama Devrelerinde İfade Edilmesi, *Elektrik Dergisi*, No.222, 180-184.
- [26] Yıldız, A.B., 2001. *Elektrik Devreleri, Teori ve Çözümlü Örnekler, Kısım 1*. Kocaeli Üniversitesi Yay. No.42.

ÖZGEÇMİŞ

01.02.1969 yılında Malatya'nın Akçadağ ilçesinin Keklikpınar köyünde doğdum. İlkokulu Diyarbakır'da liseyi Malatya'da tamamladım. 1994 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldum. Halen T.C.D.D 5. Bölge Müdürlüğünde Tesisler Müdür yardımcısı olarak çalışmaktayım.