İZMİR BAKIRÇAY ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ A.B.D.

AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Savaş YOLDAŞ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kadir GÖK
(İkinci Danışman: Prof. Dr. Akil Birkan SELÇUK)

Ekim 2021

AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Savaş YOLDAŞ İzmir 2021

AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Savaş YOLDAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kadir GÖK

(İkinci Danışman: Prof. Dr. Akil Birkan SELÇUK)

İzmir
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ekim 2021

Bu tez çalışması BAP Komisyonu tarafından kabul edilen.....no.lu proje kapsamında desteklenmiştir (Tez Çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmişse).

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim dalında öğrenim görmekte olan Savaş YOLDAŞ'ın "AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ" başlıklı tezi .../.../2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**Unvanı Adı Soyadı**	**İmza**
Üye (1. Tez Danışmanı)		
Üye (2. Tez Danışmanı)		
Üye		
Üye		
Üye		

Prof. Dr. Serkan ÇINARLI
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Müdürü

FINAL APPROVAL FOR THESIS

This thesis titled "AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ" has been prepared and submitted by Savaş YOLDAŞ in partial fulfilment of the requirements in "İzmir Bakırçay University Directive on Graduate Education and Examination" for the Degree of Master of Science Department has been examined and approved on …. /…/2021

Committee Members	**Title, Name and Surname**	**Signature**
Member (1. Thesis Supervisor)		
Member (2. Thesis Supervisor)		
Member		
Member		
Member		

Prof. Dr. Serkan ÇINARLI
Director of Graduate Education Institute

ÖZET

AÇIK VE KAPALI ALANLARDA ELEKTRİK KAÇAK TESPİTİ İÇİN İŞ AYAKKABISI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Savaş YOLDAŞ

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekim 2021

Danışman: Doç. Dr. Kadir GÖK

Çalışma ortamlarında, İş Sağlığı ve Güvenliği kanununa uyulması ve uygulanması son derece önem arz eder. Bu kapsamda, yapılacak her türlü çalışmalar ve iyileştirmeler iş kazalarının önemli ölçüde azalmasını sağlayacaktır. Dünyada, her geçen gün üretime olan talepler artmaktadır. Bu talepleri yerine getiren kahramanlar elbette çalışanlardır. Çalışanlar iş kazalarına karşı korunmalıdır. İş yerlerinde, İş Sağlığı ve Güvenliğini sağlayacak kişisel koruyucu donanımların ve iş ekipmanlarının bulundurulması ve kullandırılması gereklidir. Bu tür iş ekipmanlarında, iş güvenliğini sağlayacak mühendislik uygulamaların yapılması ve geliştirilmesi gereklidir. Elektrik kaynaklı iş kazaları ağır yaralanmalara hatta ölümlere neden olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, açık veya kapalı alanlarda bulunan alternatif gerilim (AC) yüklü kabloların varlığının ve/veya kaçak elektrik akımlarında (AC kaynaklı) çalışanı uyarmaktır. Prototip; sesli, görsel ve titreşimli olarak uyarı vermektedir. Çalışma ortamında olası alternatif gerilim ve kaçaklarında çalışanın sesli ve görsel ikaz alamaması durumunda ayakkabın üst iç kısmına yerleştirilen motor sayesinde titreşim sinyalleri çalışanın ayak üst kısmına iletir. Sisteme eklenen güneş paneli sayesinde, güneşli ortamlarda ek enerji ihtiyacı sağlanmaktadır. Sistemin ayakkabıdan ayrılabilir özelliği sayesinde, iş kıyafetlerinde ve el ile kontrollerde kullanılabilir. İş ayakkabısının bu özelliği geliştirilebilir olmasıdır.

Anahtar Sözcükler: AC gerilim; Tespit; İkaz; Adım gerilim; İş Ayakkabısı.

ABSTRACT

WORK SHOES DESIGN AND PROTOTYPE PRODUCTION FOR ELECTRIC LEAK DETECTION IN INDOOR AND OUTDOOR AREAS

Savaş YOLDAŞ

Department of Occupational Health and Safety

İzmir Bakırçay University, Graduate Education Institute, October 2021

Supervisor: Assoc. Dr. Kadir Gök

It is extremely important to comply and implement the Occupational Health and Safety law in working environments. In this context, all kinds of studies and improvements will ensure a significant reduction in occupational accidents. In the world, the demands for production are increasing day by day. The heroes who fulfill these demands are, of course, the workers. Employees should be protected against occupational accidents. In workplaces, it is necessary to have and use personal protective equipment and work equipment that will provide Occupational Health and Safety. In such work equipment, it is necessary to make and develop engineering applications that will ensure work safety. Work accidents caused by electricity can cause serious injuries and even death. The purpose of this study is to warn the employee of the presence of alternating voltage (AC) loaded cables and/or leakage electric currents (AC sourced) in open or closed areas. Prototype; It gives warning as audible, visual and vibrating. In the event that the employee cannot receive an audible and visual warning in possible alternating voltages and leakages in the working environment, the vibration signals are transmitted to the upper part of the employee's feet thanks to the motor placed in the upper inner part of the shoe. Thanks to the solar panel added to the system, additional energy needs are provided in sunny environments. Thanks to the detachable feature of the system from shoes, it can be used in work clothes and for manual controls. This feature of work shoes is that they can be developed.

Keywords: AC voltage; Detection; Warning; Step voltage; Work shoes.

.../.../20...

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın İzmir Bakırçay Üniversitesi tarafından kullanılan ‘’Turnitin’’ bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

(İmza)

.....

Savaş YOLDAŞ
(Öğrencinin Adı ve SOYADI)

** Bu belgenin ciltlenmiş tezin “Abstract”tan sonraki sayfasında ıslak imzanız ile (fotokopi olmayacak) yer alması gerekmektedir.*

.../.../20...

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with "Turnitin" scientific plagiarism detection program used by İzmir Bakırçay University, and that "it does not have any plagiarism" whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

.....

(Signature)

Savaş YOLDAŞ

(Name and SURNAME of the Student)

** This document has to be included with your original signature (no photocopies) on the page following the "Abstract" page of the bound copy of the thesis.*

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanma sürecinde, bana desteklerini esirgemeyen aileme ve tecrübelerinden faydalandığım, Sayın Prof. Dr. A. Birkan SELÇUK ve Sayın Doç. Dr. Kadir GÖK hocalarıma teşekkür ederim.

Bu tezi, eşime ve çocuklarıma ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI ..... **İ**
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... **İİ**
FINAL APPROVAL FOR THESIS ..... **İİİ**
ÖZET ..... **İV**
ABSTRACT ..... **V**
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ ..... **Vİ**
STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES ..... **Vİİ**
TEŞEKKÜR ..... **Vİİİ**
İÇİNDEKİLER ..... **İX**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **Xİ**
GÖRSELLER DİZİNİ ..... **Xİİ**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **XİV**
1. BÖLÜM **1**
1.1. Giriş **1**
1.2. Literatür Araştırması **3**
2. BÖLÜM **4**
2.1. İş Kazaları **4**
2.2. Domino Teorisi **6**
2.3. İsviçre Peyniri Modeli **8**
2.4. Elektrik Kaynaklı Kazalarda Domino ve İsviçre Peyniri Kaza Oluşum Modelleri **9**
2.5. Adım Gerilim Uyarı İşareti **10**
2.6. Manyetik Alan **11**
2.6.1. Lorentz kuvveti **14**
2.6.2. Biot-savart yasası **15**
2.6.2.1. Sağ el kuralı **15**
2.7. Alternatif Gerilim **16**
2.8. Smt (yüzey montaj teknolojisi) Devre Elemanları **20**
3. BÖLÜM **21**
3.1. Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti İçin İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi **21**

3.1.1 Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısının blok şeması 22
3.2. Elektronik Devre Tasarımı 23
3.2.1. Elektronik devre çalışma yapısı ve bilgisayar ortamında simülasyonun gerçekleştirilmesi 24
3.2.1.1. Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı tasarımı ve prototip üretimi devre şeması 26
3.2.1.2. Elektronik devre çalışma yapısı 27
3.2.1.3. Elektronik devre üç boyut tasarımı 28
3.2.1.4. Elektronik devre 3d görselleri 29
3.2.1.5. Elektronik devre çalışma yapısı ve kurulumu 34
3.2.1.6. Bilgisayar ortamında elektronik devre simülasyonu 38
3.2.2. Elektronik devrenin devre tahtası ortamında kurulumu 42
3.2.3. Devre tahtasında kurulan elektronik devre testlerinin yapılması 43
3.2.4. Elektronik baskı devre plaketin (pcb) hazırlanması 55
3.2.4.1 Elektronik devre baskı çizimi 55
3.2.4.2. Baskı devrenin bakır plakete aktarılması 59
3.2.4.3. Elektronik devre lehimleme işlemleri 63
3.2.5. Elektronik devre görünüşleri ve testleri 64
3.2.6. Elektronik devre tasarımlarının, iş ayakkabısına montajının ve testlerinin gerçekleştirilmesi 69
4. BÖLÜM 81
4.1. Sonuç 81
KAYNAKÇA 82
EKLER 85
ÖZGEÇMİŞ 86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Heinrich'in Domino Kaza Nedensellik Modeli 7
Şekil 2. 2. Önlemlerde ideal ve gerçek durum (Reason, 2016) 8
Şekil 2. 3. Savunma katmanlarında, bariyerlerde ve koruma önlemlerinde karşılık gelen deliklerden geçen bir kaza yörüngesi (Reason, 2016) 9
Şekil 2. 4. Bir toprak arızası sırasında toprak potansiyeli profilini gösterir. 11
Şekil 2. 5. Basit motor yapısı.....12
Şekil 2. 6. Rotor konum.....13
Şekil 2. 7. Gerilim çıkışı.....13
Şekil 2. 8. V hızındaki +q yüklü parçacığın üzerindeki lorentz kuvveti 14
Şekil 2. 9. Sağ el kuralı.....16
Şekil 2. 10. Şehir gerilim genliği.....17

Şekil 3. 1. Sistem blok şeması 23
Şekil 3. 2. Prototipin devre şeması 26
Şekil 3. 3. Fonksiyonel blok diyagramı (Texas İnstruments, 2006).....35
Şekil 3. 4. Ne 555 monostabil bağlantısı.....37
Şekil 3. 5. Fonksiyonel blok diyagramı (Texas İnstruments, 2006).....37
Şekil 3. 6. Simülasyon çıkışları için devre şeması 39
Şekil 3. 7. Osiloskop bağlantısı 40
Şekil 3. 8. Osiloskop kanal ayarları ve çıkışı 41

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel **2. 1.** Manyetik alan ölçümüne dayalı akım ölçümü 18
Görsel 2. 2. TMŞ'nin giriş akım ölçümü 19
Görsel 2. 3. SMT devre elemanları 20

Görsel 3. 1. Anakart elektronik devresinin önden görünüşü.....29
Görsel 3. 2. Soldan görünüşü 29
Görsel 3. 3. Arka görünüşü 30
Görsel 3. 4. Sağdan görünüşü.....30
Görsel 3. 5. Üstten görünüşü.....31
Görsel 3. 6. Motor sürücü elektronik devresinin önden görünüşü 31
Görsel 3. 7. Soldan görünüşü 32
Görsel 3. 8. Arka görünüşü 32
Görsel 3. 9. Sağdan görünüşü.....33
Görsel 3. 10. Üstten görünüşü.....33
Görsel 3. 11. Elektronik devrenin devre tahtasında kurulumu.....42
Görsel 3. 12. 1600kVA trafo orta gerilim hücresi.....43
Görsel 3. 13. 1600kVA Trafo orta gerilim panosu TMŞ girişinde, elektronik devrenin sinyal çıkışı 44
Görsel 3. 14. 1600kVA Trafo orta gerilim panosu TMŞ çıkışında, elektronik devrenin sinyal çıkışı 45
Görsel 3. 15. 1600kVA Trafo TMŞ girişinde, elektronik devrenin gerilim çıkışı.....46
Görsel 3. 16. 1600kVA Trafo TMŞ çıkışında, elektronik devrenin gerilim çıkışı 47
Görsel 3. 17. Bina enerji odasındaki enerji analizörün akım çıkışları 48
Görsel 3. 18. Bina enerji odasındaki ups besleme kablosu (4X70mm²) temasız elektronik devre testi 49
Görsel 3. 19. Bina enerji odasında yer almakta olan 4x70mm² enerji kablosu.....50
Görsel 3. 20. Bina enerji odasındaki ups besleme kablosunda temasız elektronik devre çıkış gerilim testi.....51
Görsel 3. 21. Bina enerji odasındaki enerji analizörü gerilim çıkışları.....52
Görsel 3. 22. Elektronik devrenin şehir şebekesindeki testlerinde sinyal çıkışı 53
Görsel 3. 23. Elektronik devrenin şehir şebekesindeki testlerinde gerilim çıkışı 54
Görsel 3. 24. Anakart elektronik devre kılıflı baskı çıktısı 55

Görsel 3. 25. Anakart elektronik devre baskı çıktısı 56
Görsel 3. 26. Motor sürücü elektronik devre elemanların kılıflı baskı çıktısı 57
Görsel 3. 27. Motor sürücü elektronik devre baskı çıktısı 57
Görsel 3. 28. Elektronik devre elemanları baskı yerleşim testi.....58
Görsel 3. 29. Anakart elektronik baskı devre uygulama işlemi 59
Görsel 3. 30. Motor sürücü devre baskısının bakır plakete aktarımı 60
Görsel 3. 31. Bakır eritme için gerekli malzemeler 61
Görsel 3. 32. Motor sürücü devresi bakır yollarının hazırlanması.....61
Görsel 3. 33. Motor sürücü elektronik kartı.....62
Görsel 3. 34. Anakart elektronik devre kartı.....62
Görsel 3. 35. Motor sürücü elektronik kartı lehimleme işlemi 63
Görsel 3. 36. Anakart elektronik devresi üstten görünüşü 64
Görsel 3. 37. Arka Görünüşü 64
Görsel 3. 38. Motor sürücü elektronik devresi üst görünüşü 65
Görsel 3. 39. Anakart elektronik devresinin şehir şebekesindeki testi.....66
Görsel 3. 40. Tüm elektronik devre görünüşü.....67
Görsel 3. 41. Tüm elektronik devrenin şehir şebekesindeki testi.....68
Görsel 3. 42. Anten çapı.....70
Görsel 3. 43. İş ayakkabısı alt taban anten yerleşimi 71
Görsel 3. 44. Anten yerleşimi.....72
Görsel 3. 45. Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı tasarımı ve prototipi 73
Görsel 3. 46. Prototipin yandan görünüşü.....74
Görsel 3. 47. Prototipin şehir şebekesinde testi 75
Görsel 3. 48. Dc motor konumu.....76
Görsel 3. 49. El ile kontrol için sök tak sistem görünüşü.....77
Görsel 3. 50. Fermuarlı cep iç kısım görünüşü 78
Görsel 3. 51. El ile kontrol için sök tak sistemi şehir şebekesinde testi.....79
Görsel 3. 52. El ile kontrol sök ve tak sistemi.....80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A : Akım (Amper)

AC : Alternatif Gerilim.

AG3 : 1,5VDC Pil

$\vec{B}$: Manyetik Alan Şiddeti ($\frac{Weber}{m^2}$)

C : Kondansatör

DCIN : DC Giriş (DC Input)

DCOU : DC Çıkış (DC Output)

$\vec{E}$: Elektrik Alan Şiddeti

F : Frekans (Hz)

GRND : Devre Toprak Ucu (Ground)

GRND1 : Toprak Ortak Uç

H : Henri Elektromanyetikte İndüktans Birimi

I : Akım (Amper)

ILO : Uluslararası Çalışma Örgütü

kV : Kilo Volt (1000Volt)

kVA : Kilo Volt Amper (Görünür güç)

MTR1 : Motor Uç

M2 : Ortak Uç

N : Mıknatıs Kuzey Kutbu

OU1 : Entegre 3 Numaralı Ortak Uç

OU2 : Diyot Ortak Uç

Op-Amp : İşlemsel Kuvvetlendirici

Pcb : Bakır Plaket

R : Direnç

RL1 : Röle Ortak Uç

Rpm : Dakikadaki Devir Sayısı

S : Mıknatıs Güney Kutbu

SMT : Yüzey Montaj Teknolojisi (Surface mount technology)

Sod23 : SMT Kılıf Ölçüsü

SSD14 : Diyot

SSR : Solid State Röle (CPC1017NTR)

T : Periyod (ms)

TMŞ : Termik Manyetik Şalter

TRG : Entegre Tetik Sinyali

U_E : Maximum Elektrik Potansiyel Gerilimi

U_s : Adım Gerilimi

U_t : TV Potansiyel Fark Gerilimi

V : Hız

V : Gerilim (Volt)

V_{cc} : Devre Besleme Gerilimi (VDC)

VDC : Doğru Gerilim (Volt)

V_{max} : Maximum Gerilim (Volt)

V_{min} : Minimum Gerilim (Volt)

U1 : Entegre

U2 : ME 2106/A

Q : Flip-Flop Uç

Q1 : Flip-Flop Uç

+G : Güneş Paneli Anot Uç

1206 : SMT Kılıf Ölçüsü

1. BÖLÜM

Bu bölümde, izlemiş olduğumuz deney metotlarına ilişkin yol ve yöntemlere dayalı genel bilgiler ile literatür araştırmaları yer almaktadır.

1.1. Giriş

Elektrik kaynaklı iş kazaları, ağır yaralanmalara hatta ölümlere neden olabilmektedir. Bu kazaların oranı oldukça yüksektir. İş yerlerinde alınacak her türlü tedbir, kazaları önemli ölçüde azaltır. Çalışma ortamlarında çalışanın dikkatli çalışması, yaptığı işe ilişkin gerekli bilgi ve tecrübelere sahip olması gereklidir. Fakat çalışma ortamlarında çalışanın, tecrübesi ve bilgisi kazayı engelleyemeyebilir. Çalışma ortamlarında kullanılan araç ve gereçlerin uygunluğu, her türlü kişisel koruyucu donanımların sağlanması, İş Sağlığı ve Güvenliği kanununa uyulması son derece önemlidir. Çalışma ortamlarında bu faktörlerden biri veya birkaçının eksik olması veya uygulanmaması durumunda iş kazalarına neden olacaktır. Çalışanların çalışacakları işe ilişkin her türlü eğitimin verilmesi, uygun araç ve gereçlerin sağlanması, kişisel koruyucu donanımların sağlanması, iş yerinde İş Sağlığı ve Güvenliği iklimi ve kültürü sağlanmasıyla, yönetim ve çalışan arasında iletişim açık tutulmuş olacaktır. Buna karşın iş kazaların analizlerini yapmak ve önlem almak, birey ve toplum için şarttır. Bu nedenle güvenli çalışma ortamların kurulması, desteklenmesi ve geliştirilmesi gereklidir. Elektrik kaynaklı iş kazalarının bertaraf edilmesine yönelik bir prototip tasarladık. Prototip, AC yüklü kabloların tespitini sağlayacak ve/veya kaçak elektrik akımı durumlarında, çalışanı uyaracaktır. Amaç çalışanın çalışma ortamında olabilecek alternatif gerilim varlığını tespit ederek çalışanı uyarmaktır. Bu durumda, elektrik kaynaklı iş kazasını önüne geçilebilir. Prototip; ışıklı, sesli ve titreşimli olmak üzere 3 şekilde uyarı vermektedir. Çalışanın olası ses veya uyarı ışığı alamaması durumunda uyarıyı ayakkabı içinde yerleştirilmiş motorun titreşim sinyalleri sayesinde alabilir. Ayakkabın üst kısmına yerleştirilmiş güneş paneli sayesinde, daha az enerji tüketmesine olanak sağlanmıştır. Prototipin çalışma mantığı manyetik alan konularına dayanmıştır. Çalışmamızda iş kazalarının incelenmesine yönelik yardımcı olması açısından kaza oluşum modelleri olan Domino teorisi ve İsviçre peynir modellerine değindik. Prototipin kullanımı önemlidir. Örneğin, yapılan bir kazı çalışması sırasında var olan alternatif gerilim yüklü kablonun

olması etraftakiler için büyük bir tehlike kaynağı yaratabildiği gibi zeminin ıslak olması, elektrik çarpılma riskini artıracaktır. Alternatif gerilim yüklü kablonun farkında olmamak veya kaçak alternatif akımlarının olması, elektrik kaynaklı iş kazalarına neden olabilir. Prototip bu tür çalışmalarda, çalışanı uyaracaktır. Çalışma, 4 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölüm; Giriş ve literatür araştırmasını bölümünü kapsamaktadır. 2. Bölümde; Kaza oluşum modelleri, manyetik alan, adım gerilimi ve kullanım avantajları açısından smt (yüzey montaj teknolojisi) devre elemanlarına değinilmiştir.

3. Bölümde; iş ayakkabısı için gerekli olan elektronik devreler tasarlandıktan sonra, ayakkabıya entegrasyonu başarıyla sağlanmıştır. Bu çalışmalar tamamen nicel gözlemlere dayanmaktadır. 6 aşamada gerçekleştirdiğimiz bu işlemler; elektronik devre çalışma yapısı ve bilgisayar ortamında simülasyonun gerçekleştirilmesi, Elektronik devrenin devre tahtası ortamında kurulması, kurulan elektronik devrenin elektrik alan içeren bölgelerde testlerinin sağlanması, bakır plaket üzerine baskı devre ve lehimleme işlemleri yapılması, elektronik devre görünüşleri ve testleri, elektronik devre tasarımlarının ayakkabıya montajı işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda devre tasarımı, simülasyonu ve görselleştirilmesi işlemlerinde, Proteus ve şekil tasarımlarında Autocad programları kullanılmıştır.

Entegrenin stabil çalışması için motor sürücü elektronik devre kartı, enerji besleme ünitesinden ayrı olarak tasarlanmıştır. İşlemlerin her safhasında görseller alınmıştır. Elektronik devre ilk olarak bilgisayar ortamında simülasyon işlemleri yapılmıştır. Gerekli sonuçların doğruluğu sağlandıktan sonra, bu değerler Proteus içerikli osiloskop çıkışı izlenmiştir. Tasarladığımız elektronik devrenin fiziki ortamlarda testlerin sağlanması için devre tahtası ortamında devre kurulmuştur. Devre tahtası ortamında kurulan elektronik devrede, kullanılan devre elemanları smt devre elemanları olmayıp normal elektronik devre elemanlarıdır. Normal devre elemanları smt devre elemanları ile aynı karakteristik özelliklere sahiptir.

Devre tahtası ortamında kurulan elektronik devre, test işlemleri için manyetik alan içeren ortamlarda denenmiştir. İzmir Bakırçay Üniversitesine ait olan, 1600kVA trafo orta gerilim panosu ve 463,8kW kurulu güce sahip atölye depo binasında test edilmiştir. Bu ortamlardaki test görsellerin tezde kullanılmasına ilişkin, 01.12.2021 tarih ve E-63719193-302.14.04-2100012576 sayı ile uygun görülmüştür.

Bu testlerin verileri bilgisayar ortamındaki simülasyonlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların doğru veriler olduğu kanıtlandıktan sonra, elektronik devre elemanların sayısal değerleri belirlenmiştir. Tasarladığımız elektronik devre, 2 pcb 'den (bakır plaket) oluşmaktadır. Bunlar, anakart ve motor sürücü elektronik kartlarıdır. Güneş paneli, motor sürücü elektronik kartına entegre edilmiş olup, güneş ışığından faydalanması için ayakkabın üst kısmına yerleştirilmiştir. Titreşim motoru ayakkabın üst iç kısmına konumlandırılmıştır. Tüm bu aşamalardan sonra, prototip üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Prototipin resimleri, testleri ve blok şemasına ilişkin bilgiler yer almaktadır. 4. Bölüm çalışmaya ilişkin sonuç bölümünü içermektedir.

1.2. Literatür Araştırması

Amerika Birleşik Devletleri 6,329,924 paten numaralı çalışmada, giyilebilir bir elektrik alan detektörü, kullanıcının üzerine monte edilebilen ve algılanan alanın gücüyle orantılı olarak değişen bir sinyal üretmek için bir elektrik alanına yanıt veren bir algılama devresi ve üretmek için algılama devresine bağlı bir alarm devresi içeren bir mahfazaya sahiptir (McNulty, 2001). Bu patent kullanıcının kaskına, koluna ve kemerine takılabilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri 9,265,331 paten numaralı çalışmada, kişisel voltaj detektörü gibi bir elektrikli cihazı kapatmak için bir kasa sağlanmıştır. Kasanın düzenlemeleri, yüksek voltajlı elektrik hatlarının yakınında çalışan kullanıcılar için güvenliği ve rahatlığı artırabilir (Hoffman, 2016).

Prototip elektronik kartı bir cep tasarlayarak muhafaza edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri 12/732,832 paten numaralı çalışmada, bir parmağa veya yakınına takılan giyilebilir bir tutucu; giyilebilir tutucu üzerine yerleştirilmiş bir algılama modülü, elektrik devresine enerji verildiğinde ve algılama modülü elektrik devresinin yakınında olduğunda algılama modülü bir elektrik devresindeki bir elektrik alanını algılar (Ojeda & Bozich, 2011). Giyilebilir olarak eldiven ve bilek kayışında kullanımı tasarlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri 9,939,468 paten numaralı çalışmada, koruyucu eldiven şeklinde ellere takılması amaçlanan, darbeye dayanıklı, temassız alternatif akım (AC) algılama cihazı. Enerji verilmiş ekipmana yaklaşırken kullanıcıyı AC voltaj potansiyeli konusunda uyarmak (Dyszel, 2018). AC elektrik algılama sistemi, darbeye dayanıklı eldivende kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri 11/484,489 paten numaralı çalışmada,

Algılama cihazına belirli bir yakınlıkta önceden ayarlanmış bir büyüklükteki bir elektrik potansiyelini algılamak için bileğe takılabilir bir algılama cihazı (Jones, 2008). Algılayıcı bileklik olarak tasarlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri 10,006,953 paten numaralı çalışmada, kişisel bir voltaj algılama sistemi, bir kullanıcı tarafından giyilecek ve her biri farklı bir yöne bakan çok sayıda elektrik alan sensörü taşıyan bir giysiyi içerir. Her sensör, ilişkili bir yön için alan kuvvetini temsil eden bir kablosuz sinyalin iletilmesinde elektrik alanını algılayan bir dönüştürücü içerir (Rachakonda vd., 2018).

Giysideki sensörler sayesinde elektrik kaynağın olduğu yönü tayin eder. Amerika Birleşik Devletleri 10,802,065 paten numaralı çalışmada, Bir ortamda bir kullanıcı tarafından giyilmek üzere yapılandırılan bir giyilebilir elektrik alan detektörü (McNulty vd., 2020). Amerika Birleşik Devletleri 7,449,892 paten numaralı çalışmada, bir kaçak voltaj detektörü, bir eksen boyunca aralıklı olarak yerleştirilmiş bir çift elektrostatik yük sensörünü ve bir çift alan yoğunluğu göstergesini taşıyan portatif bir mahfazaya sahiptir (Wiswell vd., 2008). Bu çalışmada el detektörü şeklindeki bir uygulamadır. Güney Kore KR1020070101939A patent nolu çalışmada, elektrik kaçağını tespit etmek ve uyarmak için ayakkabılar: Yürüme yoluyla kaçak noktasını tespit ederek elektrik kaçağı alarmı veren, böylece ek elektrik çarpması kazalarını önleyen elektrik kaçağını algılama ve uyarma ayakkabısı sağlanmaktadır (Kim. Vd., 2007).

2. BÖLÜM

Bu bölümde tezin konusu bakımından kaza tanımı, kaza oluşum modelleri, elektrik kazalarında kaza oluşum modelleri, adım gerilimi, manyetik alan, alternatif gerilim ve smt devre elemanlarına (yüzey montaj teknolojisi) değinilmiştir.

2.1. İş Kazaları

Bir kaza, bir şeylerin ters gittiği ve istenmeyen bir sonuca yol açan olaylar zincirinin bir sonucu olarak tanımlanmıştır (Jorgensen, 2011). Bu tanım çerçevesinde kaza, birden fazla olaylar zinciri ile de karşımıza çıkabilmektedir. Kaza, bir iş yerinde can ve mal kayıpları gibi olaylara neden olabilmektedir. Türk Dil Kurumu Sözlüğünde kaza tanımı, "istem dışı veya umulmayan bir olay dolayısıyla bir kimsenin, bir nesnenin veya bir aracın

zarara uğraması" olarak tanımlanmıştır (URL1, 2021). Bu iki tanımda da belirtildiği gibi kaza, (olay) beklenen bir durum değildir. Kazanın meydana gelmesi durumunda, çevresine zarar verebilmektedir. Yapılacak işlere ilişkin olabilecek tehlikeler hakkında gerekli bilgiler sağlanmalıdır. İşçileri riskler hakkında eğitmek ve ikna etmek için güvenlik eğitim materyalleri, tehlike iletişim programları ve çeşitli güvenlik programı materyalleri (güvenlik posterleri ve kampanyaları dahil) gibi görevden önce sağlanan bilgi kaynakları kullanılır (Lehto & Miller, 2011). Tanımda görüleceği gibi, eğitimlerin sıklaştırılması ve bu çerçevede çalışanların yaptıkları işin önemine ilişkin ilgili eğitim kaynakların artırılması son derece önemlidir.

İş yerlerinde kazalar, can ve mal güvenliğini tehdit edebildiği gibi ciddi sağlık, sosyal ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Gözüak & Ceylan, 2021). Türkiye'de iş kazalarının sayısı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. 2019 yılında toplam iş kazası sayısı 2015 yılının 1,75 katı oldu (Gül vd., 2021). İş kazaları sağlık, sosyal ve ekonomik sorunların artmasına neden olabilmektedir. Bu kapsamda iş kazaların artış hızların azaltılması ve hatta sıfıra indirilmesi önemli ve gereklidir. Yapılan bir araştırmada ölümle sonuçlanan kazaların oluş biçimlerine göre sınıflandırılmasında insan düşmesi tipindeki kazalarının %42,9'luk oranla ilk sırada yer aldığı, bunu %12,20 oranla elektrik çarpması, %10,5 oranla da malzeme düşmesinden kaynaklı olduğu bildirilmektedir (Güllüoğlu, E. N., & Güllüoğlu, A. N., 2019). Bu araştırmada, elektrik kaynaklı iş kazaları 2. sırada yer almaktadır. Elektrik yaralanmaları, diğer endüstriyel yaralanma türlerine kıyasla nispeten küçük bir yüzdedir, ancak ciddi ve ölümcül sonuçları olan yaralanma sayısı açısından ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle elektrik güvenliği konularına azami dikkat gösterilmelidir (Lebedev, vd., 2021). Elektrik kaynaklı iş kazaları son derece ölümcül olduğu açıkça görülmektedir. Elektrik kaynaklı iş kazaları, kardiyovasküler, sinir ve kas-iskelet sistemleri ve cilt (yanıklar) üzerinde etkisi olan potansiyel olarak ölümcül olaylardır (Veiersted vd., 2003). Çalışanların riskler hakkında bilgilendirilmesi ve eğitilmesi elektrik iş kazalarının azaltılması yönünde pozitif etki gösterir. Bir çalışmaya göre, Çamlıbel Elektrik Dağıtım Anonim Şirketinde çalışmakta olan 65 kişiye elektrik ile ilgili çalışma ve iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına ilişkin eğitimler verilmiştir. Eğitim öncesi alınan anket ile eğitim sonrası anket arasında farkın önemlilik testi yöntemi analizi sonucunda, eğitimin büyük oranda faydalı olduğu sonucuna varmıştır (Aydın, 2018). Elektrik işlerindeki çalışmalarda çalışanların eğitilmesi, elektrik kaynaklı iş kazaların azaltılmasında rol oynamaktadır. Elektrik iş kazalarının azaltılmasına yönelik

çalışmaların yapılması gereklidir. Bu kapsamda, Amerika Birleşik Devletleri Maden Bürosu, 1980-85 dönemi için madencilikle ilgili ölümlü ve ölümcül olmayan elektrik kazalarının başlıca nedenleri ve bunlarla ilişkili maliyetler hakkında veriler derlemiştir. Spesifik elektriksel sorun alanları belirlenerek, gelecekteki araştırmaların elektrik kazalarının ve yaralanmaların sayısının azaltılmasına odaklanması sağlanmıştır (ABD Maden Bürosu, 1990). Çoğu zaman inşaat çalışanları yılın tamamını çalışarak geçirememektedirler. Bunu telafi etmek için sıklıkla fazla mesai, aşırı çalışma gibi zor koşullarla yüz yüze kalmaktadırlar. Deneyimsiz oldukları işleri yapmak zorunda kalabilmektedirler. Bu durum yeni iş kazaları olasılıklarını da beraberinde getirmektedir (Korkmaz, 2019). Aşırı çalışmalar ve yapılan işe ilişkin deneyimsizlikler iş kaza risklerini beraberinde getirir. Elektrik kazaları son derece tehlikeli ve ölümcüldür. Elektrikle yapılan çalışmalardan kaynaklanan kazalar, toplam olayların küçük bir kısmı olmasına rağmen, meydana geldiklerinde orantısız bir şekilde ölümcüldür (Cawley & Homce, 2003). Yapılan başka bir çalışmaya göre, elektrik çarpmasıyla meydana gelen kazalar kalıcı sakatlık açısından 2 kat daha tehlikeli ve tüm ortalamalardan 13 kat daha ölümcül iş kazalardır (Lovrencic & Gomiscek, 2014).

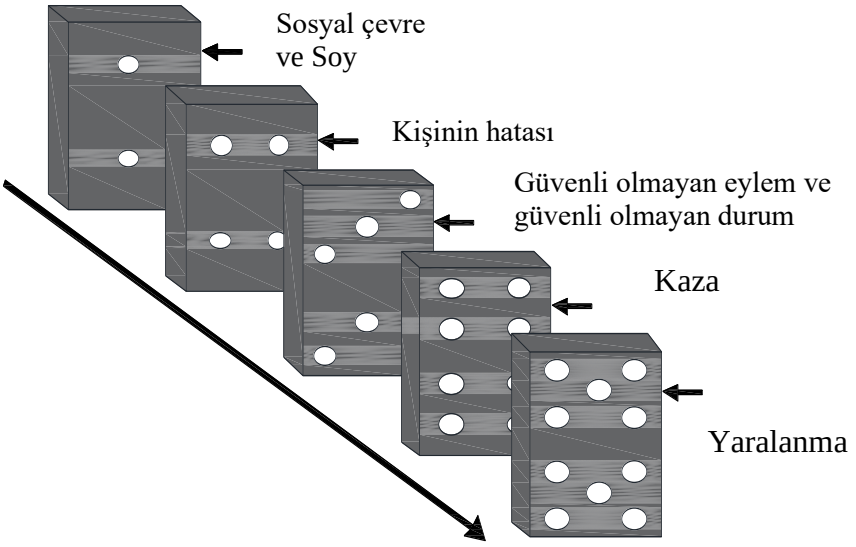
İş yerlerindeki güvenlik yetersizlikleri, çalışanların güvensiz hareketleri, yapılan işe ilişkin bilgi yetersizliği, çalışma ortamında iş ekipmanların eksik veya yetersiz olması, işçinin dikkatsiz çalışması ve iş yoğunluğu gibi nedenler kaza riskini önemli ölçüde artırabildiği gibi can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Çalışma ortamlarında, iş güvenliğine ilişkin iletişim kanalların açık olması ve iş güvenliği kültürünün sağlanması son derece önemli ve gereklidir.

2.2. Domino Teorisi

1931 yılında İş Güvenliği Mühendisi olan Herbert William Heinrich tarafından geliştirilen bu teoride, birçok kaza incelemesi yapmıştır. Bu konuda Herbert William Heinrich, güvenlik alanındaki en etkili öncülerden biridir. Aslen 1920'lerin sonlarından kalma kavramları, bugün bile güvenlik uygulamalarını ve teorisini oluşturmaktadır (Busch, 2018). Herbert William Heinrich'in Domino Teorisi kazaları anlamak açısından bizlere ışık tutmaktadır. Heinrich yaklaşık 75000 kazayı incelemiştir. Çalışmasının sonucuna göre kaza veri tabanlarından; kazaların %88'i güvensiz işçi eylemi, %10'u güvensizlik koşul nedeniyle ve %2'sinin engellenemez olduğu sonucuna varmıştır

(Heinrich, 1941).

Bu sonuçlarda, işçinin güvensiz eyleminin kaza oluşumunda ilk sırada yer aldığı görülmektedir. İkinci sırada işyerindeki koşullardan kaynaklı kazalardır. Bu iki faktörün en uygun şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. İşçinin güvensiz hareketleri, iş yeri ortamında güvenlik uygulamaların yetersizliği gibi durumlardan dolayı iş kazaları olabilmektedir. (Bkz. Şekil 2.1).

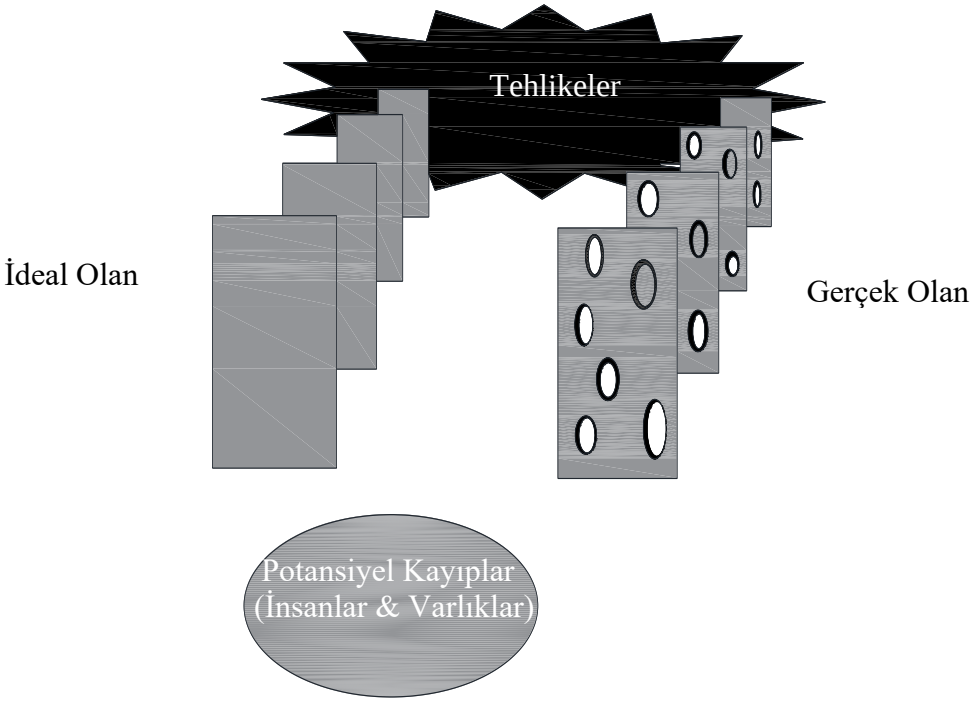


Şekil 2. 1. Heinrich'in Domino Kaza Nedensellik Modeli

Heinrich'e göre, tüm olaylar doğrudan güvenli olmayan koşullar ve eylemlerle ilgilidir ve onun “kişilerin güvenli olmayan performansı, örneğin asılı yüklerin altında durmak, şakalaşma ve güvenlik önlemlerinin kaldırılması” olarak tanımladığı ve "korumasız dişliler ve yetersiz ışık gibi mekanik veya fiziksel tehlikeler." (URL2,2010). Domino kaza nedensellik modelinde, çalışanın güvensiz hareketleri, iş ortamındaki araç ve gereçlerin güvenlik yetersizliği gibi durumlar kazalara neden olabilir.

2.3. İsviçre Peyniri Modeli

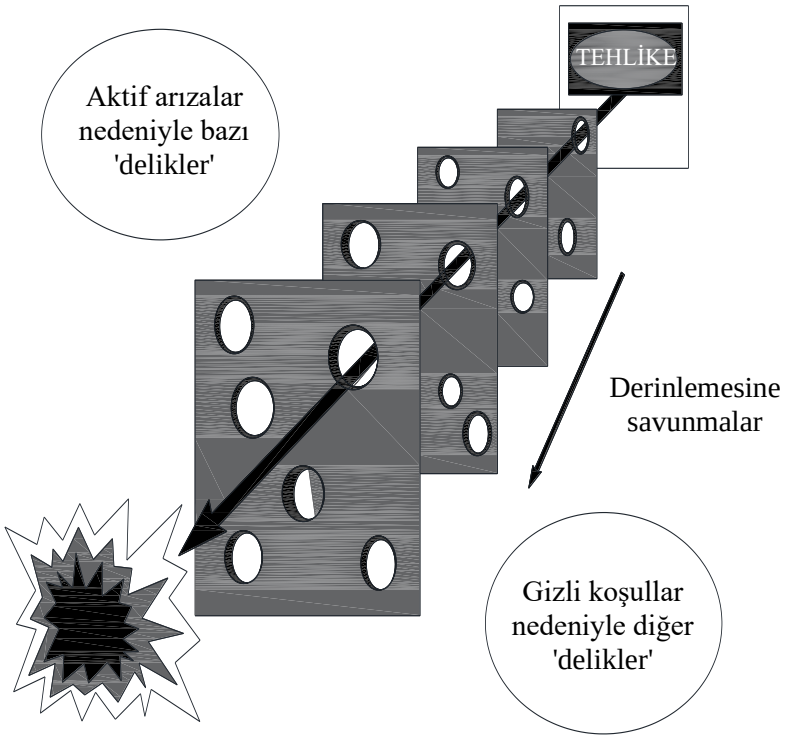
Bu durumu özetleyen bir modelde İsviçre peyniri modelidir. Kaza modelini, 1970 ve 1977 yıllarında James Reason tarafından geliştirilmiştir. Sol tarafta bulunan İdeal durumlarda, zayıflıklar yani boşluklar mevcut değildir. Fakat gerçekte, organizasyonlarda zayıflıklar yani boşluklar mevcuttur. Gerçek durumlarda zayıflıklar ve boşluklar vardır. Bu model, görsel olarak İsviçre peynirine benzediğinden bu modele İsviçre Peyniri modeli denilmektedir (Bkz. Şekil 2.2).



Şekil 2. 2. Önlemlerde ideal ve gerçek durum (Reason, 2016)

İsviçre peyniri modeline göre, Şekil 2. 3.'de görüldüğü gibi alınan önlemlerdeki ideal ve gerçek durum farklıdır. İdeal bir dünyada, tüm savunma katmanları sağlam olacak ve gerçek dünyada sol tarafında gösterildiği gibi olası kaza durumlarını girmeye izin vermeyecektir. Ancak, her katmanın Şekil 2. 3.'deki gösteriminin sağ tarafındaki durumlarda, ortaya çıkabilecek zayıflıkları ve boşlukları vardır (Reason, 2016).

Bu açıklamada, zayıflıklar ve boşluklar gerçek durumlarda karşımıza çıkabilir. Bu boşlukların veya zayıflıkların tespitinin yapılması, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin yapılması, olası boşlukların kapanmasını sağlayabilir. Aksi bir durumda, bu boşluklar üst üste geldiğinde, organizasyonel bir kaza için gerekli koşul, art arda gelen savunmalardaki bir dizi deliğin nadir bir birleşimidir ve tehlikelerin insanlarla ve varlıklara zarar verici temasa girmesine izin verir (Reason, 2016). Bu sonuçta, kaza olarak karşımıza çıkabilir (Bkz. Şekil 2.3).



Şekil 2. 3. Savunma katmanlarında, bariyerlerde ve koruma önlemlerinde karşılık gelen deliklerden geçen bir kaza yörüngesi (Reason, 2016)

2.4. Elektrik Kaynaklı Kazalarda Domino ve İsviçre Peyniri Kaza Oluşum Modelleri

Kaza oluşum modelleri, iş kazalarının analiz edilmesinde önemlidir. Heinrich'e göre, güvensiz eylem ve hareketlerin bertaraf edilesi gereklidir. Yine bir diğer çalışmada, güvenli çalışma uygulamaları, güvenli bilgi ve daha yakın denetim için etkili eğitim, Peynir Dilimindeki delikleri insan faktörlerinde tıkamak için uzun bir yol kat edecektir. Elektrik kazalarının çeşitli nedenlerinin önemine ilişkin yöneticilerin, denetçilerin ve çalışanların algılarındaki farklılıklar da sunulmakta ve tartışılmaktadır

(Puthillath vd., 2021). Peynir modelindeki bu deliklerin kapatılması elektrik kaynaklı iş kaza olasılığını etkiler. İki modelde, elektrik işlerinde ve/veya elektrik kaynağın bulunduğu tüm çalışma ortamlarında çalışanların, güvenli hareketleri ve çalışma ortamların uygun olması gerektiği görülmektedir.

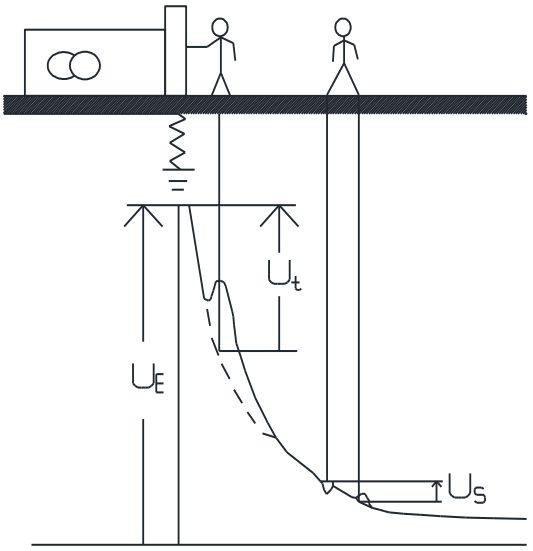
2.5. Adım Gerilim Uyarı İşareti

Adım potansiyeli, enerji verilmiş topraklanmış bir nesnenin yakınında duran bir kişinin ayakları arasındaki adım voltajıdır (URL3, 2021). Örneğin bir trafo merkezi veya herhangi bir noktaya (zemine) yıldırım düşmesi sonucu toprağa elektrik sızıntısının oluşmasıyla, dalga şeklinde yayılım gösterir. Elektrik akım kaçağı durumunda, bir toprak arızası olayı, akımın toprağa akışına neden olur. Etki alanı içindeki ve çevresindeki potansiyel gradyanlar elektrik alanları yaymaktadır (Parise vd., 2015). Bu yayılım bir gradyan yani bir dalga oluşturacağı gözlemlenecektir. Bir trafo merkezinde, olabilecek bir arızada toprağa sızan tehlikeli akımlar, şiddetli toprak arızaları, bir arıza meydana geldiğinde trafo merkezinin yakınında bulunan herkes için tehlike arz eder (Prasad & Sharma, 2011). Bu durumda, elektrik arızasının oluşturmuş olduğu sızıntı akımı ne kadar çok yüksek ise, çevresinde oluşturacağı risk o denli yüksek olacaktır.

Bu tip elektrik arızalarında, adım mesafesi ve dokunma gerilimi oldukça önemlidir. Dolayısıyla, soruna güvenilir ve verimli bir çözüm gereklidir. Personel güvenliği birincil öneme sahip olmakla birlikte, personel ve ekipmanın korunmasını sağlamak için tasarım sisteminde elektrik akımının etkisi, insan vücudunun direnci ve tolere edilebilir voltaj kriterleri de önemlidir (Prasad & Sharma, 2011). Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi'ne göre, bir elektrik arızası sırasında yerdeki bir kişi, topraklama noktasına doğru veya topraklama noktasından uzaklaşmaya çalışarak riske maruz kalır. Adım potansiyeli, enerji verilmiş topraklanmış bir nesnenin yakınında duran bir kişinin ayakları arasındaki voltajdır (URL4, 2018). Amaç, tehlikeli durumlardan kaçarken ayaklar arasındaki voltajı en aza indirmektir. Bu amaçla ayakkabı prototipinde, ayakkabın maskaret kısmına yerleştirilen adım gerilim işareti tehlike anında atılacak adımların topuk hiza işareti uygulanarak (Bkz. Görsel 3. 45.).

Bu tür tehlikelerde, toprak arızası sırasında, toprak potansiyeli görülür (Parise vd., 2015). Burada U_S adım gerilimi, U_E maksimum elektrik potansiyel gerilim ve U_t TV potansiyel farkı gerilim değerlerini simgelemektedir. U_S Gerilim değeri yani adım

gerilimi görüleceği gibi adımlar arası mesafe arttıkça gerilim değeri de artmaktadır. Dolaysıyla adım arası mesafesi önemlidir (Bkz. Şekil 2.4.).

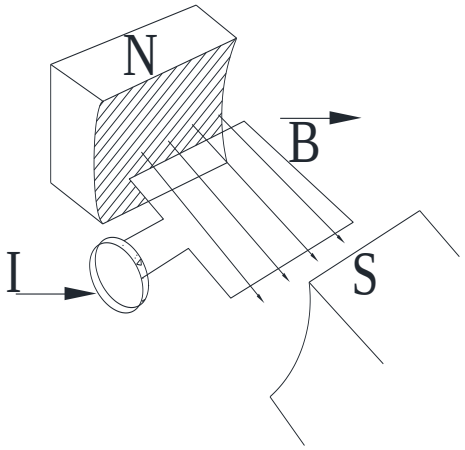


Şekil 2. 4. Bir toprak arızası sırasında toprak potansiyeli profilini gösterir.

2.6. Manyetik Alan

Alternatif akım yüklü kablolar hiç kuşkusuz etraflarına manyetik alan yaymaktadırlar. Bir elektrik alanının yüklü bir cisim üzerinde, bir elektrik kuvvetini nasıl uygulandığını bulmaktır. Bununla çok ilişkili bir hedefte bir manyetik alanın (hareket eden) yüklü bir parçacık ya da mıknatıs gibi manyetik bir cisim üzerinde manyetik kuvveti nasıl uygulanabildiğini incelemektir (Halliday vd., 2013). Burada $\vec{B}$ şiddetinde bir manyetik alan içerisinde, $\vec{E}$ şiddetinde elektrik yüklü bir cismin, manyetik alan etkisiyle hareket eder.

Elektrik ve manyetik alan yüklü bu cisimler, birbirleriyle bu etkileşim içinde olmaları hiç sürpriz olamayacak şekilde gözlemlenebilir. Burada, bir mıknatısın N kutbu (kuzey yönü) ve S kutbu olarak (güney yönü) bir manyetik alan oluşturarak ve bu alan içerisine elektrik yüklü bir iletken koyarsak, iletken üzerindeki elektrik yükü ile aynı zamanda manyetik alan etkisiyle iletken hareket ettiği gözlemlenebilir (Bkz. Şekil 2.5).

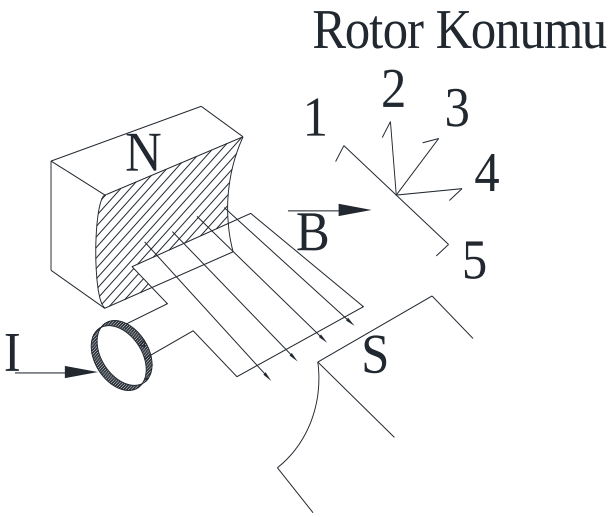


Şekil 2. 5. Basit motor yapısı

Mıknatısın N ve S kutuplarında manyetik alan çizgileri oluşur. Bu alan çizgileri, N kutbundan S kutbuna doğrudur. Bu alan çizgilerini kısaca $\vec{B}$ ile sembolize edersek, manyetik alan içerisindeki yine I değerinde bir akım uyguladığımız iletken $\vec{B}$ şiddetindeki manyetik alana maruz kaldığından manyetik alan ve üzerindeki akım etkisiyle hareket eder. Bu durum, bir elektrik motoruna örnek olarak gösterilebilir. Elbette bu manyetik alan ve elektrik yükü etkisi artırıldığında, hareket artmaktadır. Kısaca bu hareketli kısmı rotor ve sabit yani manyetik etki kutuplarına stator olarak tanımlanır. Bu uygulamada, manyetik alanın varlığından söz etmek son derece doğrudur. Bu alan içerisinde, elektrik yüklü bir cismin hareket etmesi doğaldır. Temel olarak manyetik alan ve elektrik yükleri etkileşimlerinden kuvvet etkisi ortaya çıkmaktadır.

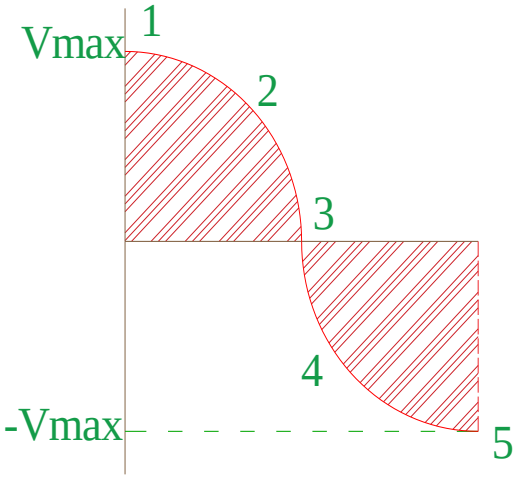
Bu uygulamanın zıttı olarak, rotora elektrik akımı uygulamadan bir hareket uygularsak bu durumda elektrik motoru tam tersi, elektrik üreterek bir generatör olarak çalışır. Bu generatörün çıkışında rastlanan gerilim, rotorun konumuna bağlı olarak kutuplara en yakın olduğu durumlarda elektrik üretim değeri en üst değer olarak yani tepe değeri olarak karşımıza çıkar. Gerilim genliği, rotor konumuna bağlı olarak belirli bir periyotta değişken genlikli gerilim çıkışı sağlanır. Uygulanan hareket sabit olmasına karşın, rotorun konumundaki değişimi ve kutuplardaki manyetik etki ile gerilim genliğinde değişim karşımıza çıkar. Gerilimi V olarak simgelersek bu değerin tepe

gerilimi V_{max} olarak simgeleyebiliriz (Bkz. Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).



Şekil 2. 6. Rotor konum

Konum 1, rotorun 0° olarak kabul edilirse Konum 2, 45° Konum 3, 90° Konum 4, 135° ve Konum 5 180° olur. Bu durumda, manyetik alan etkisiyle rotor sargısı Konum 1 de gerilim V_{max} Konum 3 de V_{min} ve Konum 5 de $-V_{max}$ olarak çıkış alınabilir. Konum 1 ve Konum 5 de akım yönleri manyetik alan çizgilerinden dolayı ters olur. Burada gerilim çıkışı yaklaşık olarak bir sinüs eğrisine benzerlik gösterir (Bkz. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7).

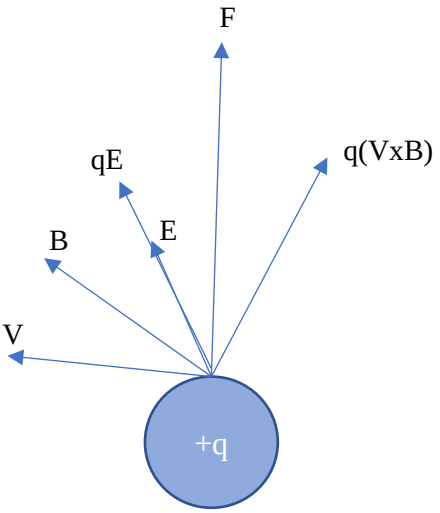


Şekil 2. 7. Gerilim çıkışı

Bir generatör uygulamada, rotorun hareket ettirilmesi ve stator manyetik alan etkisiyle rotor sargı uçları arasında alternatif gerilim üretir. Manyetik alan etkilerini, hem hemen her yerde görmek mümkün olabilir. Örneğin elektrik yüklü bir (alternatif gerilim) güç kablosunda, yaymış olduğu manyetik alan etkisini ölçebilen elektrik ölçüm cihazlarıyla kablo üzerindeki akan akımın herhangi bir elektriksel temas olmadan ölçümler yapılabilmektedir (Bkz. Görsel 2.1).

2.6.1. Lorentz kuvveti

Belirli bir zamana bağlı olarak, değişen elektrik yüklü bir alan etrafına manyetik alan yayar. Bu alan, vektörel bir büyüklük olup yönü ve şiddeti vardır. Bu alan etkisinde kalan elektrik yüklü bir parçacık, kuvvet etkisinde kalır. Bu kuvvete, Lorentz Kuvveti denir. Ayrıca bu yüklü parçacıkların hareketinden $\vec{B}$ şiddetinde vektörel bir manyetik alan oluşur. Bu alan birimi tesladır yani $\frac{weber}{m^2}$ dir.



Şekil 2. 8. V hızındaki +q yüklü parçacığın üzerindeki lorentz kuvveti

Sağ el kuralında olduğu gibi, Manyetik alan vektör yönünü parmaklara denk gelecek şekilde kavrandığında, baş parmak pozitif yüklü parçacığın hızını gösterir ve avuç ise bileşke kuvvetine denk olur. Bileşke kuvvet, lorentz kuvveti olup manyetik kuvvet ve elektrik alan kuvveti vektörel bileşkeleridir. Manyetik kuvveti q(VxB) ve elektriksel

kuvvet qE dir. Bu durumda Lorentz kuvveti (2.1) ve (2.2) dir (Bkz. Şekil 2.8).

$$F = qE + q(VxB) \quad \textbf{(2.1)}$$

$$F = q(E + VxB) \quad \textbf{(2.2)}$$

2.6.2. Biot-savart yasası

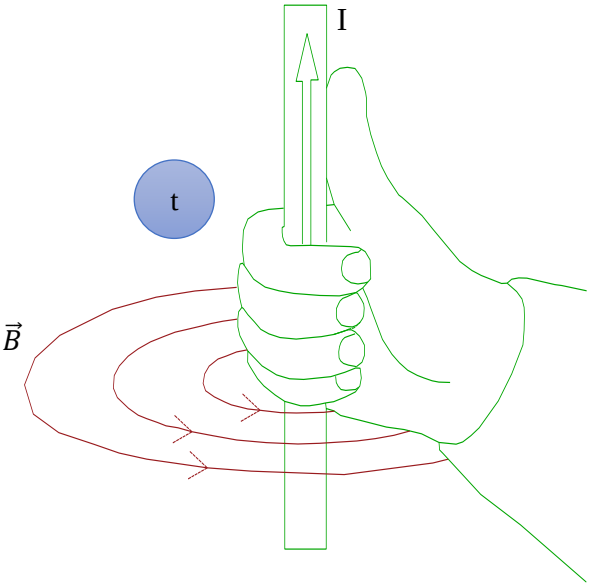
Biot Savart yasasında, ince ve uzun bir iletkenin üzerindeki elektrik yükü ile üzerindeki akım etkisiyle a uzaklıktaki bir noktaya yapmış olduğu manyetik alan değeridir. Bu etkinin temel kaynağı iletken üzerindeki akımdır. Akımın yoğunluğu arttıkça bu manyetik alan değeri artar. Bu matematiksel değeri. (2.3) gibidir.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a\pi} \quad \textbf{(2.3)}$$

B, manyetik alan yoğunluğunu gösteren aynı zamanda yönü ve şiddeti olan değerdir. Birimi tesladır. μ değeri, serbest uzayın manyetik geçirgenliği katsayısıdır. Geçirgenlik katsayısı $4\pi 10^{-7}(\mathrm{N}/A^2)$ dır. a değeri, belirtilen noktanın iletkene olan metre ile ifade edilen değerdir. I, iletken üzerinden akan akımı temsil eder. Uzayın geçirgenlik katsayısı arttıkça, aynı zamanda akım yoğunluğu arttıkça a mesafedeki bir t noktasındaki manyetik alan etkisi artmaktadır. Yine bu noktanın iletkene olan a mesafesi arttıkça manyetik alan etkisi azalır. (2.3)

2.6.2.1. Sağ el kuralı

Sağ el kuralında düz bir iletkende geçen akım yönüne gelecek şekilde baş parmak iletkene yerleştirilir ve parmaklar iletkeni kavrayan yönde ise manyetik alan çizgilerin yönü doğrultusunda olacaktır. Avuç içinin dışa doğru yönde bir kuvvet oluşur. Bu kuvvet iletkenin üzerindeki elektrik yükü kaynaklı kuvvet olacaktır. Bu durumda Biot-Savart yasasında, bu iletkene a mesafede olan t noktasındaki manyetik alan etkisi oluşturmaktadır. Bu yöntem sayesinde iletken üzerindeki akımın yönü ile manyetik alan ve kuvvetin yönü belirlenebilmektedir.



Şekil 2. 9. Sağ el kuralı

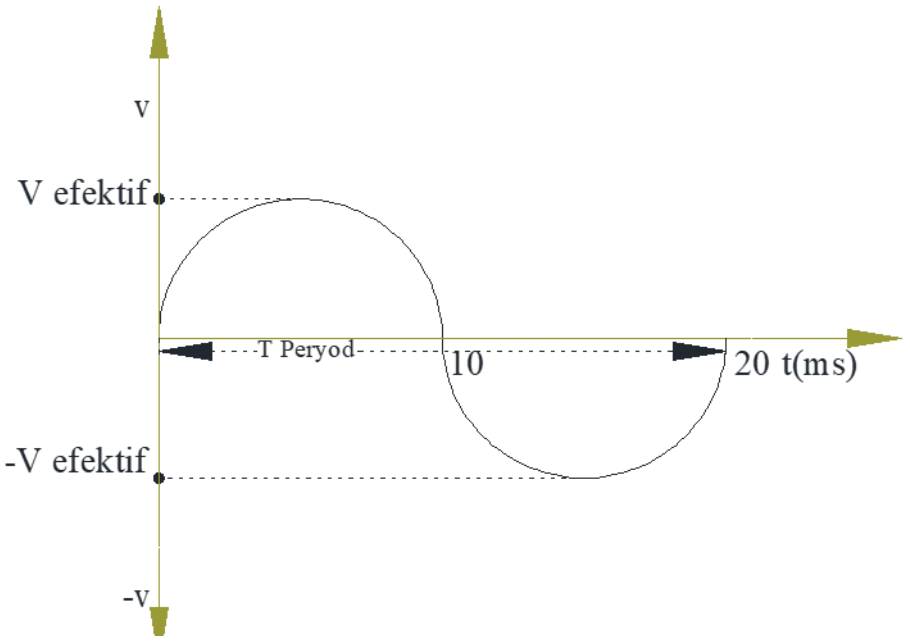
Şekilde görüldüğü gibi, iletkende yukarı yönlü bir I değerinde akım akmaktadır. Bu akıma denk gelecek şekilde, sağ elin baş parmağı iletkene yerleştirildiğinde iletkeni kavrayacak şekilde parmakların yöneldiği yön doğrultusunda $\vec{B}$ şiddetinde manyetik alan oluşur. Avuç içinden dışa doğru manyetik alan çizgilerine dik olacak şekilde $\vec{F}$ şiddetinde kuvvet oluşacaktır (Bkz. Şekil 2.9).

$$F = B\dot{I}L \sin \alpha \qquad \textbf{(2.4)}$$

Denkleminde, kuvvetin α=90° durumunda t noktasındaki kuvvet, $F = B\dot{I}L$ değerindedir. (2.4)

2.7. Alternatif Gerilim

Belirli bir zaman periyoduna bağlı olarak, genliği ve yönü değişen gerilime alternatif gerilim denir. Bu etki sayesinde, iletken kendi etrafında manyetik alan oluşturması beklenir. İletken üzerindeki akımın yoğunluğu ve iletkenin üzerindeki koruyucu yalıtkanın etkisi manyetik alan etkisini etkileyebilir. Gerilimin genliği, sinüs eğrisine benzetilebilir. Ülkemizde, şehir şebekesi voltaj değeri 220Volt değerindedir. Aynı zamanda frekans değeri 50Hz'dir.



Şekil 2. 10. Şehir gerilim genliği

Şehir şebekesi, gerilim genliği periyodu 20 ms de tamamlar. Efektif yani tepe gerilimi V değerindeyken aynı zamanda yön değiştirdiğinde -V olmaktadır. Frekans genliği ise, periyodun tersidir.

$$F = \frac{1}{T} \tag{2.5}$$

F=50Hz ise $T = \frac{1}{50} = 0.02$s buradan bir yarım periyod, yarım dalga sinüs eğrisi 10ms de tamamlar. Bu değişken hareketler, iletken üzerinde manyetik etki yapmasını neden olur. (2.5)

Alternatif gerilim, yüklü bir enerji kablosu etrafına manyetik bir alan yayması beklenir. Bu manyetik alan şiddetine göre, iletkenin kaç amper akım taşıdığı tespiti yapılabilir. Buna örnek olarak, bina enerji odasında enerji besleme kablosu pens ampermetre ile çekmiş olduğu ampermetre yaklaşık olarak 24 A değerindedir. Bu çalışma, elektrik yüklü bir kablonun manyetik alan yaydığının bir kanıtı olabildiği gibi ayrıca elektriksel temas gerektirmeyecek şekilde iletkenin taşımış olduğu akım değerini tespit edebiliriz. Bu ölçümde ana panonun giriş termik manyetik şalteri bir faz ucunda yapılmıştır (Bkz. Şekil 2.10, Görsel 2.1. ve Görsel 2.2.).



Görsel 2. 1. Manyetik alan ölçümüne dayalı akım ölçümü

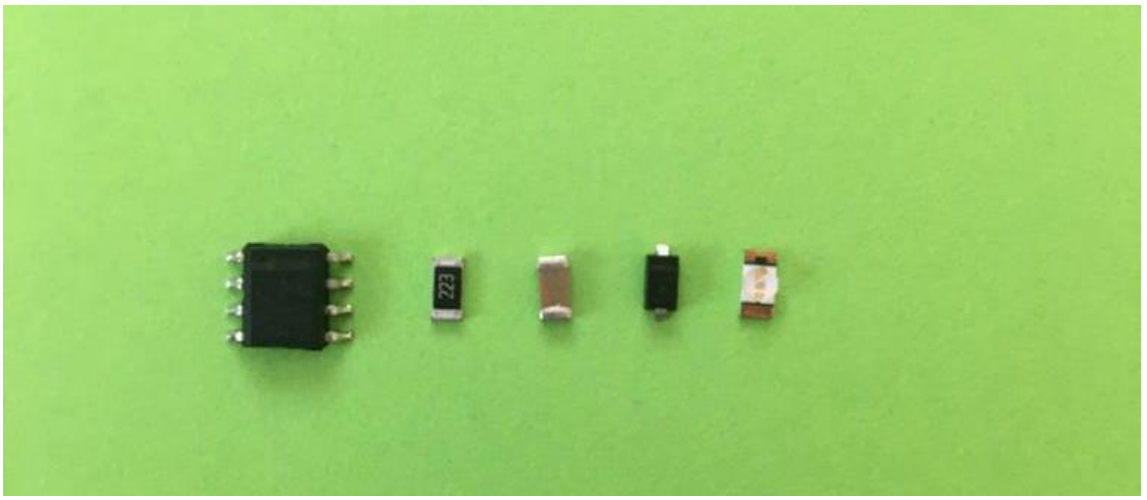


Görsel 2. 2. TMŞ'nin giriş akım ölçümü

2.8. Smt (yüzey montaj teknolojisi) Devre Elemanları

SMT devre elemanları devre kartların bakır yollarının olduğu yüzeye montajı gerçekleştirilir. Bu sayede, yüzeye montajı yapılan elemanlar olarak nitelendirilir. Smt elektronik devre elemanları, boyut olarak küçük olması, güç tüketimlerinin az olması, minimum ölçülerde elektronik devre üretebilme, bakır plaket üzerinde delik açma gibi işçiliklerin az olması, devre tasarımlarının ve montaj ekipmanların sade olması gibi avantajı var (URL5, 2020).

Cep Telefonundan biyomedikal cihazlarına ve uzaya gönderilen bir robota kadar geniş kullanım alanları var. SMT devre elemanlarının ucuz olması, üretim maliyetini azaltır ve daha az güç tüketimleri sağlar. Devre kartında iki yüzlü bakır yüzeylere montajı gerçekleştirilmesi sağlanabilir. Seri üretimlerde, robotik montajları daha hızlıdır. Genel olarak, klasik devre elemanlarına nazaran işlevselliği daha fazladır. Fakat boyutların küçük olması, ısı iletimleri ayrıca tasarlanmalıdır. Bu nedenle tasarladığımız prototipin elektronik devresinde, yüzey montaj teknolojisi devre elemanlarıyla tasarlanmıştır. Dezavantajları, arıza durumunda müdahale için profesyonellik gerektirir. Bu durumlar, SMT devre elemanların olumsuz özellikleri olarak nitelendirilebilir (Bkz. Görsel 2.3).



Görsel 2. 3. SMT devre elemanları

3. BÖLÜM

Bu bölümde veriler nicel gözlemlere dayanmaktadır. Prototip test aşamalarında, şekil ve görselleri alınmıştır.

3.1. Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti İçin İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi

Prototip, (AC) alternatif gerilimde 3 şekilde uyarmaktadır. Bunlar sesli, ışıklı ve titreşimdir. Trg sinyallerin alınması için ayakkabı alt ve yan tabanına bakır iletken yerleştirilmiştir. Ayakkabıya yerleştirilin güneş paneli sayesinde gün içinde enerji tüketimi azaltılmıştır. Elektronik devreler tasarlanan fermuarlı cep içine alınarak muhafaza edilmiştir.

2. Bölümde görüleceği gibi manyetik alanların etkileri hiç kuşkusuz vardır. Bu etki sayesinde, AC gerilim yüklü bir kablo etrafına manyetik alan yaymaktadır. Bu alan sayesinde, trg etki göstererek elektronik kartta bulunan entegre için algılama sinyalleri oluşturur. Bu tertibatlar ayakkabın iç ve dış üst kısmında, ayakkabın tabanında yer almıştır. Anten alıcı kısmı, ayakkabının alt taban kısmına ve yine alt taban yanlarına konumlandırılmıştır. Motor ve motor sürücü devresi, yine ayakkabın üst kısmında yer almakta olup birbirinden ayrıdır. Ana kart, NE 555 entegresi ile tasarlanmıştır. Entegrenin 2 numaralı bacağı, tetikleme ucu olarak kullanılmıştır. Parazit önleme olarak, 10nF kondansatör kullanılmıştır.

Motor sürücü devresi için ayrıca tetikleme ucunda, smt röle kullanılmıştır. NE555 entegresi karalılığını sağlamak ve doluluk oranı için direnç değeri 10kΩ ve kondansatör değeri 4,7µF kullanılmıştır. Uyarı, 3 aşamada çıkış göstermektedir. Tetikleme ucuna, minimum düzeyde AC gerilim kaynaklı trg etkisinde kaldığında bu gerilim değeri kontrol geriliminin yarısına düştüğünde, çıkış lojik 1 olur. Buradan NE555 entegresi tetiklenir. 3 numaralı bacakta, bu uyarı akımı anahtarlınmış lede, buzzer ve motor tetikleme rölesine akar. Bu noktaları tamamlayan akım, 100Ω akım ile sınırlandırılmıştır. Entegrenin 1 numaralı toprak ucunda topraklanır. Entegrenin 8 numaralı ucu, gerilim besleme ucu olup yaklaşık 5 VDC gerilim ile beslenmiştir. Anakart gerilim besleme ve motor sürücü kart gerilim beslemeleri ayrı olarak tasarlanmıştır. Bu durum, motorun anlık olarak fazla akım çekmesinden kaynaklanacak gerilim dalgalanmanın önüne geçecektir. Motor sürücü devresi için, 3 VDC gerilim kullanılmıştır. Ayrıca bu gerilim, 4cmX4cm ölçülerinde

güneş paneli ile desteklenmiştir. Anakart için, 2 adet 1,5VDC enerjili pil soketi tasarlanmıştır. Bu durum, anakartın daha az yer kaplamasını sağlamıştır. 2 adet AG3 pilin gerilim değerini gerilim yükseltmek için, ME2108A kullanılarak devre ünitesi eklenmiştir. Böylece, entegrenin minimum besleme gerilimi sağlanmış oldu.

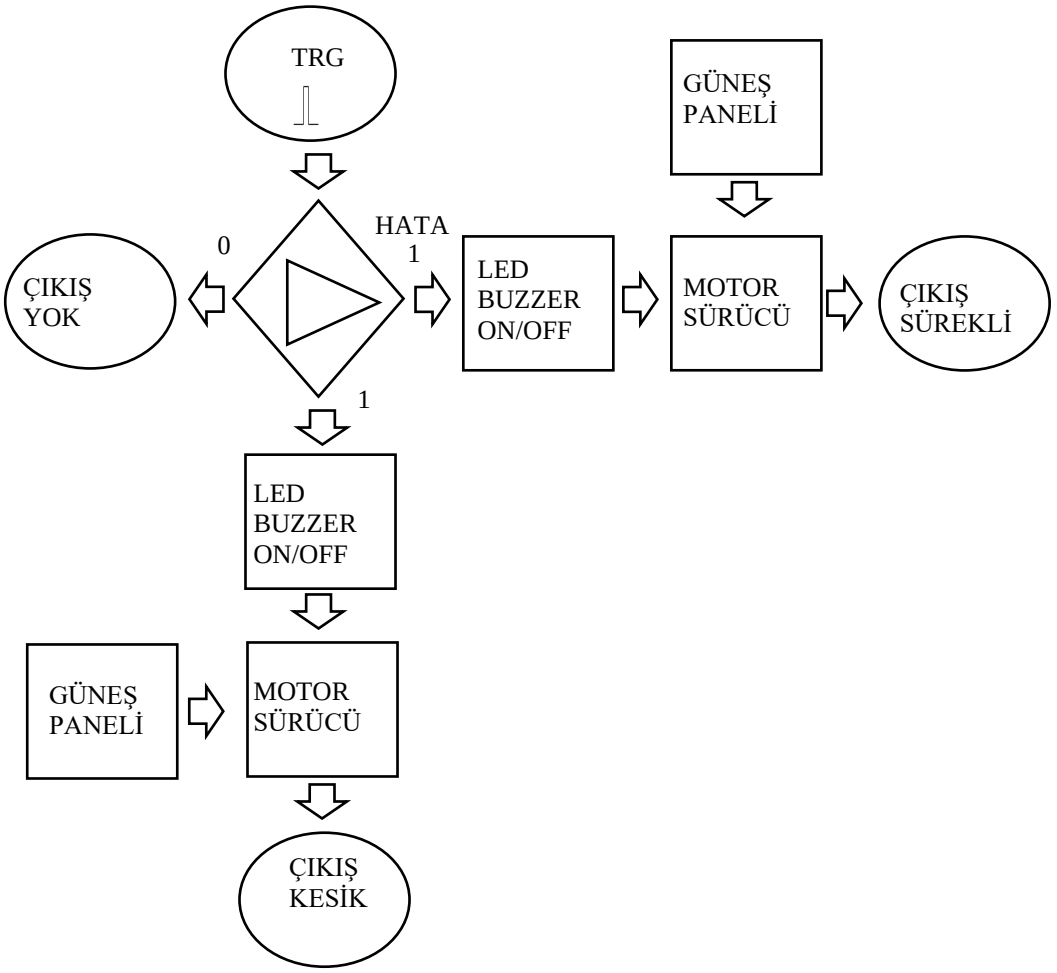
Bütün elektronik devre elemanları, smt (Surface mount technology) malzemelerdir. Bu elemanlar, bakır kartın tamamen ön yüzeyinde lehim işlemi yapılmıştır. Boyutların küçük olması nedeniyle, elektronik kartların boyutlarında önemli ölçüde azaltmıştır. Adım gerilim uyarısı için, ayakkabının ön ucu kırımızı renk ile işaretlenmiştir. Bu işaret diğer ayakkabının topuk hizasına denk gelecek şekilde adım atılmalıdır. Adım mesafe sınırı oldukça önemlidir zira olası yüksek gerilim sızıntılarında adım mesafesine dikkat edilmez ve yönergelere uyulmaz ise, elektrik çarpma riski artabilecektir. Bu tasarımda, olası elektrik sızıntılarına karşılık çalışanı sesli, ışıklı ve titreşimli olarak uyarır. Bu durumda adım gerilim sınırına uyulması gerektiğini bildirir. Elektrik sızıntılarına karşılık, gereken önlemlerin alınmasını sağlanarak kaza riskini ortadan kaldırır.

Elektrik sızıntı (kaçak) seviyesi ne olursa olsun, bu prototip çalışanı şantiyede ya da bir elektrik arıza çalışmasında veya ıslak zeminde çalışması durumunda, elektrik çarpılmalarına karşı uyarmaktadır. Ayrıca anakart üzerindeki 2 adet dip pin özellikli anahtarlar sayesinde, devrenin açılıp kapatılmasına ve enerji tüketimin en az seviyede tutmak için kullanılmıştır. Gündüz ortamında led kapalı konumuna getirilmesine olanak sağlamaktadır Anakart elektronik devresi, Motor sürücü elektronik devresi ve güç sağlayan piller ayakkabının üst kısmının yerleştirilmiştir. Elektronik ünite, tasarladığımız cep bölümüne yerleştirilmiştir. Güneş paneli, daha fazla gün ışığından yararlanması için ayakkabın üst orta kısmında konumlanmıştır.

3.1.1 Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısının blok şeması

İş ayakkabısı, çalışma mantığına dayalı olarak temel fonksiyonlar üzerinden çalışır. Çevresel faktörler olarak bozucu etki gösterebilen sinyaller mevcuttur. Bu durumda, sistem belirli trg değerlerinde çıkışlar gösterebilmektedir. Temel olarak dış ortamdan almış olduğu trg sinyallerinin kaynağı AC gerilimdir. Bunun dışındaki sinyaller bozucu etki gösterir. Ayrıca statik elektrik sistemin uyarı vermesine neden olabilir. Bozucu etkilere karşılık, sistem devamlı yani sürekli çıkışlar sergiler. Fakat olası elektrik sinyallerinde sistem çıkışı kesikli olarak çıkar. Bu etki; kesik kesik titreşim, kesik kesik

ışık ve kesik kesik ses dalgası yayar. Temelde giriş fonksiyonunda Opamp ile karşılaştırma yaparak sinyaller lojik 1 ve lojik 0 olarak iletir. Bu çalışma yapısının blok şeması kısaca şekil üzerinde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Sistem blok şeması

3.2. Elektronik Devre Tasarımı

Prototip üretimi, 6 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamaların her safhasında, görselleri alınmış ve testleri yapılmıştır. Bu aşamalar;

- Elektronik devre çalışma yapısı ve bilgisayar ortamında, simülasyonun gerçekleştirilmesi.
- Elektronik devrenin, devre tahtasında ortamında kurulması.
- Devre tahtası üzerinde kurulan elektronik devrenin, elektrik alan içeren bölgelerde testlerin sağlanması.

- Bakır plaket üzerine, baskı devre ve lehimleme işlemlerinin yapılması.
- Elektronik devre görünüşleri ve testleri.
- Elektronik devre tasarımlarının, İş ayakkabısına montajının ve testlerinin gerçekleştirilmesi.

3.2.1. Elektronik devre çalışma yapısı ve bilgisayar ortamında simülasyonun gerçekleştirilmesi

Elektronik devre çalışma yapısı, tasarımı ve bilgisayar ortamında simülasyonu 6 aşamadan oluşmaktadır. Genel olarak bu aşamalar aşağıda sıralanmıştır.

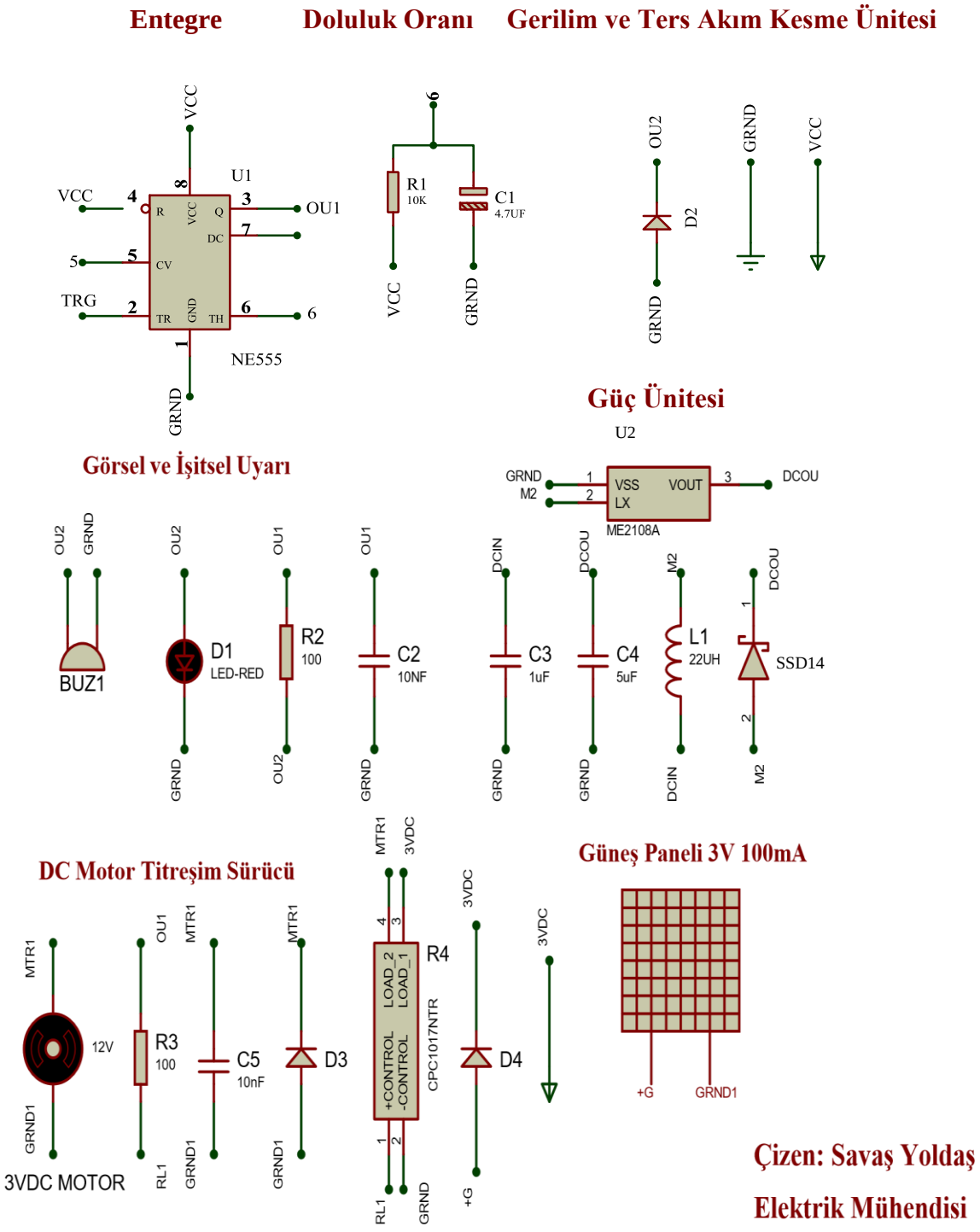
- AC elektriğin tespiti ve adım gerilimi ikazı için iş ayakkabısı tasarım ve prototip devre şeması.
- Elektronik devre çalışma yapısı.
- Elektronik devre 3D (üç boyut) tasarımı.
- Elektronik 3D (üç boyut) görselleri.
- Elektronik devre çalışma yapısı ve kurulumu.
- Bilgisayar ortamında elektronik devre simülasyonu

Bilgisayar ortamında, elektronik devre tasarımında ve simülasyonlarında mühendislik bir uygulama olan proteus yazılımında uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamalarda, proteus yazılımının 2 uygulaması olan devre tasarımı ve ares baskı devre kullanılmıştır. Devre elemanları, kütüphane ortamında seçilerek birebir uygulaması sağlanmıştır. Ardından bu devre elemanların seçimleri yapılarak, devre iletim yoları belirlenmiştir. Bu işlemlerden sonra, devre simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Devrenin analizini sağlamak için, proteus generatör bölümünden osiloskop çıkışı gözlemlenmiştir. Çıkışlar yine entegrenin doluluk oranlarını etkileyen 10kΩ direnç ve 4,7µF kondansatör seçilmiştir. Olası parazitleri ekarte edebilmek için, 10nF kondansatörler kullanılmıştır. Yine proteus ares uygulaması kullanılarak, baskı devrelere tasarlanmıştır. Entegre Texsas İnstruments markalı kullanılmıştır.

Entegre çıkışında olası yüksek akım çekişini engellemek için, 100Ω değerinde direnç kullanılmıştır. Güneş paneli, motor sürücü elektronik devre ünitesinde kullanılmıştır. Devre tasarımında, çizimlerin karışmaması için her bir devre elemanın ayak uçları numaralandırılmıştır. Proteusta uygulamasında, her bir devre elemanın ayak uçları için ayrıca terminal tanımlaması yapılmıştır.

Program, bu terminalleri tanımlı oldukları uçlara temas olarak algılar. Anakart devresi, 21(cm)x31(cm) boyutlarındadır. Dc güç yükseltici minimum 1,5VDC giriş gerilimiyle (minimum verim) 5VDC sabit gerilim yükseltmektedir. ME2108A, 220H, kondansatör ve SS14 diyot kullanılmıştır. Buzzer devre elemanında, olası tıkama akımını kesmek için diyot kullanılmıştır. Anakart elektronik devre ve motor sürücü elektronik devre kartları ayrı bir şekilde konumlandırılmıştır. Bu kartlar birleşik değildir. İki kartın gerilim beslemeleri ayrı olarak yapılmıştır. Anakart elektronik devresi 2 adet 1,5 VDC AG3 ve motor sürücü elektronik devresi 3 VDC pilleri ile beslenmektedir. Güneş paneli ayakkabın üst kısmına gelmektedir. Bu panel motor sürücü elektronik devresine bağlıdır. Bu yüzden motorun yüksek akım çekmesi durumunda, gerilim seviyesinde olacak azalmada güneş paneli destekleyici rol oynar. Elektronik devre, iletim yollarındaki terminaller kısaltılmış ve sembolize edilmiştir (Bkz. Şekil 3.2).

3.2.1.1. Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı tasarımı ve prototip üretimi devre şeması



Şekil 3. 2. Prototipin devre şeması

3.2.1.2. Elektronik devre çalışma yapısı

Elektronik devre şemasında; entegre ünitesi, gerilim besleme ve ters akım kesme ünitesi, dc-dc güç yükseltme ünitesi, Görsel ve işitsel ünitesi, güneş paneli ünitesi, doluluk oranı ünitesi ve dc motor sürücü ünitelerinden oluşmaktadır. Anakart ünitesi ve dc motor sürücü ünitesi ayrı beslenmektedir. Devre çalışma prensibi olarak, olası parazitlerde düz ses, düz ışık ve düz titreşim çıkışı sağlar yani sürekli uyarı verir. Bu durum parazit kaynaklıdır. Fakat olası elektrik sızıntılarında, kesik ses, kesik ışık ve kesik titreşim çıkışı verir bu durum, elektrik sızıntı varlığını gösterir. Anakart, 2 adet 1,5 VDC AG3 tipi pil ile çalışmaktadır.

Pil değişimin rahat yapılması için, yine 2 adet AG3&AG4 tipi pil soketi kullanılmıştır. Anakartın arka yüzeyinde 2 adet smt dip pin mevcuttur. 1 numaralı dip pin anahtar devrenin aç/kapa fonksiyonu sağlar. 2 numaralı dip pin anahtar enerji kayıplarını azaltmak için gündüz çalışmalarda led'i kapatmaya yarar. 2. anahtar motor için aç/kapa özelliğinizde taşır. Ses ikazı, sürekli olarak çalışmaya göre tasarlanmıştır. Ses ikazı sağlayan smt buzzer, manyetik özellikli ve 10 cm mesafede 83db ses şiddeti sağlamaktadır. 4VDC ve 7VDC gerilim aralığında çalışmakta olup, 2.7KHz frekansa sahiptir. Aynı zamanda, 30mA değerinde akım çekişi sağlar. LED kırmızı renkte olup 624nm baskın dalga boyu yaymaktadır. Ayrıca parlaklık değeri (lümen) 57mcd'dir. 1,7VDC ve 2,4VDC arasında anma gerilimine sahiptir.

Akım çekme değeri 25mA dır. Güneş paneli 4cmX4cm boyutlarında olup, motor sürücü gerilim besleme piline bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Motorun ayrıca yedek olarak güneş enerjisinden destek alması, enerji kayıplarını azaltacaktır. Panel 3V değerine sahip olup, 100mA değerine kadar enerji çekilmesini sağlayacak kapasiteye sahiptir. Titreşim motoru, entegre ou. çıkışından 100Ω smt 1206 kılıflı direnç üzerinden yine smt röle tetikler. (solid state röle) Böylece akım, yine 100Ω direnç üzerinden akarak motor tetiklenir. Parazit etkileri azaltmak için, 10nF kondansatör kullanılmıştır. Sürücü devresinde aç/kapa anahtar mevcuttur. Kullanıcının motor titreşimini kapatmasını sağlamaktadır. Dc motor 2.5VDC ve 3.5VDC gerilim aralığına sahip olup, 10mm çapındadır. 3VDC gerilimde, 13500rpm devirdedir. 3VDc gerilimde boşta çalışması durumunda, 60mA akım çeker ve anma akımı 80mA dir. Motor 29±6Ω direnç değerine sahiptir. Gerilim yükselteç, 1.1cmX1.1cm ebatlarında olup, 0.9VDC-5VDC giriş gerilimini yine 5VDC değerine yükseltir ve sabit tutar. Minimum 50mA değerinden

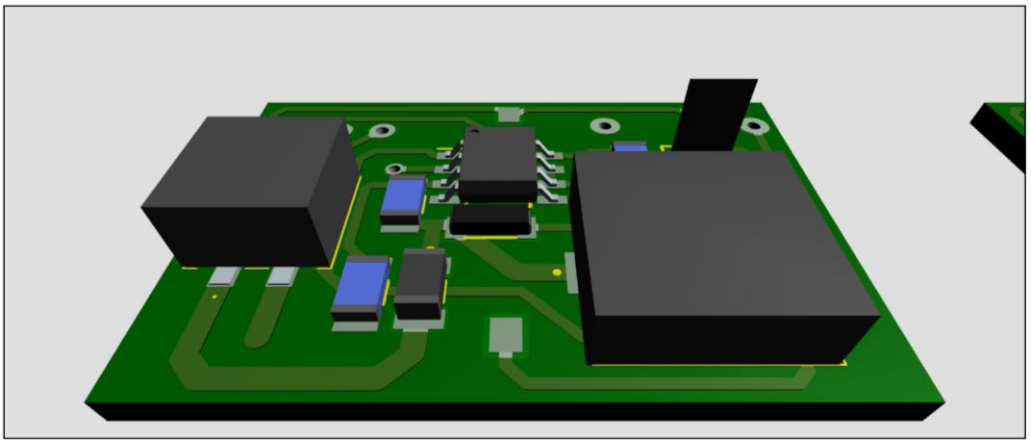
maksimum 500mA değerine kadar akım değerini yükseltir. Bu ünitede ME2106/A, 1µF ve 5µF kondansatör, 220H bobin ve SSD14 kullanılmıştır. Bu ünite ile pil ve devre boyutları azalmıştır.

3.2.1.3. Elektronik devre üç boyut tasarımı

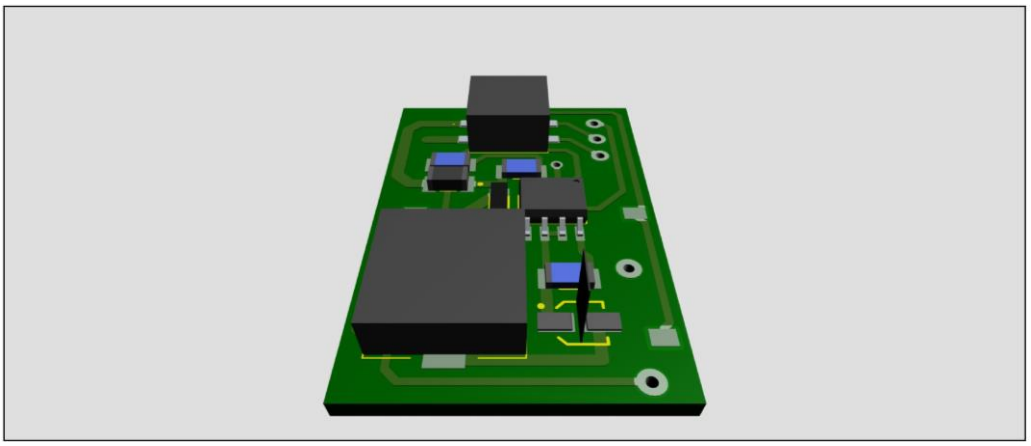
Bu çalışmalarda, üç boyut tasarım oldukça önemlidir. Ayakkabıya montajını yapacağımız devre kartların (pcb) boyutlarının bilinmesi, kullanılacak devre elemanların kılıflarını ve yer kaplama düzeylerin önceden bilinmesi tasarımı kolaylaştıracak ve uygulamada daha doğru sonuçlar vermesine yardımcı olacaktır. Proteus uygulamasında, tasarladığımız devrenin genel bileşenleri, anakart ve motor sürücü devresidir. Bu devrelerin tasarımı yapılırken, yer kaplaması azami ölçüde dikkat edilmiştir. Çünkü ayakkabıya montajların daha rahat yapılmasını sağlayarak ayakkabı kullanımı ve sistem kontrolü daha rahat olmasını sağlayacaktır. Ayrıca devre besleme pillerin değişimin kolay olmasını sağlamak için, yine pillere ulaşım kolaylaştırılmıştır. Proteus programında, devre tasarımı yapılırken tüm elektronik devre elemanları smt yani yüzeye montajı yapılan devre elemanları seçilmiştir. Bu devre elemanları pcb alanı için, proteus board edge bölümünden ölçüler belirlenmiştir. Devre elemanlarına, lehim tarafına yani solder side bölümünde işlem yapılmıştır. Genel yolların çizimi bottom copper (bakır yüzey) çizilmiştir. Bu uygulamada, yol baskıları için top copper devre dışı bırakılmıştır. Genel olarak kılıflar sod23 ve 1206 ölçülerinde çalışılmıştır. Yollar T20, T25 ve T30 boyutlarında çizilmiştir. Yol değişimleri, change trace style bölümünden seçimler yapılmıştır. Bu ölçüm ve çizimler pcb layout bölümünde yapılmıştır. Bu uygulama proteus ares uygulamasıdır. Elektronik devre 3 boyut tasarımında, proteus 3D Visualizer bölümünden uygulanmıştır. Elektronik devre ön, sol, arka, sağ ve üst görünüş olarak 5 perspektifte görüntülenmiştir. Güç yükselteç birimi ve pil besleme ünitesi anakart arka yüzeyinde yer almaktadır. Motor sürücü devresi ve güç besleme ünitesi yine ayrı konumlandırılmıştır. Güneş paneli bu görüntüler dışındadır. Devre sistemi motor sürücü devresi ile entegre yapılmıştır.

3.2.1.4. Elektronik devre 3d görselleri

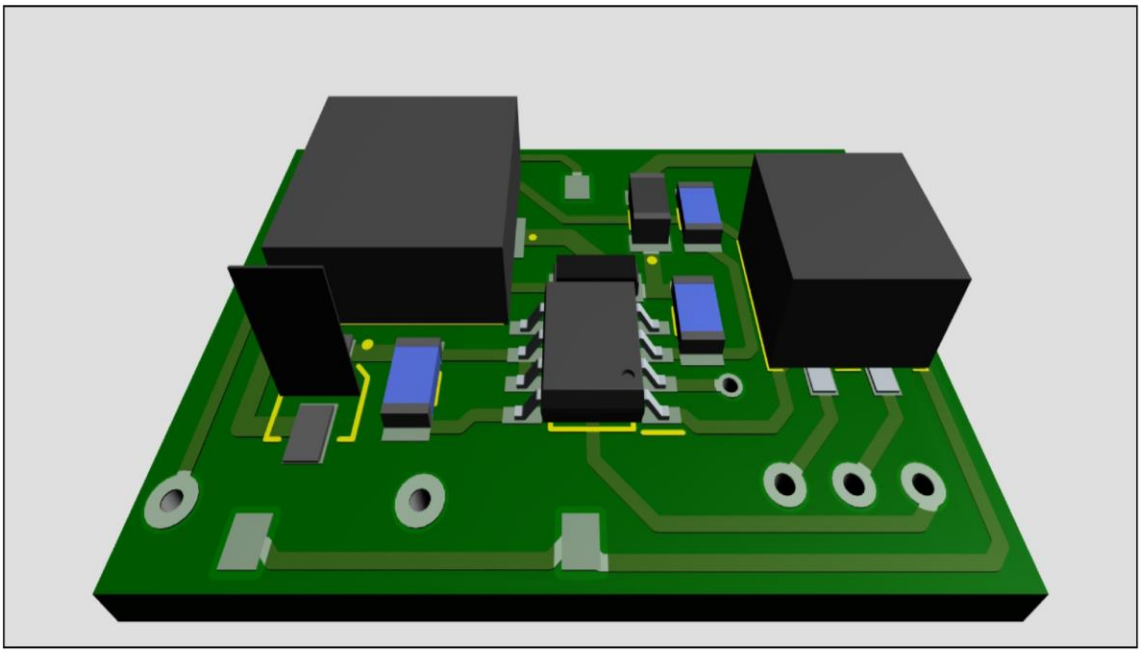
3D görüntülemede, anakart ve motor sürücü devresi tasarlanmıştır. Bu iki devre, ayrı konumlandırılmıştır. Anakart ve motor sürücü pcbler ayakkabın üst kısmında yer alırken, motor ayakkabın dil kısmı iç yüzeyinde konumlandırılmıştır. Bu bölüm, pcb'nin top copper kısmıdır. Pcb top copper yüzeyi ayakkabın dil iç kısmında ayak üst yüzeyine gelecek şekilde tasarlanmıştır. Anakart elektronik devresi top copper yüzeyi ayakkabın üst yüzeyine yani kullanıcının rahat görebileceği kısma konumlandırılmıştır. Anakart bottom copper yüzeyi ayakkabın iç yüzeyine bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Anakart 3D görsel ve motor elektronik pcb kart 3D görsel çalışmaları aşağıda yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.1, Görsel 3.2, Görsel 3.3, Görsel 3.4, Görsel 3.5, Görsel 3.6, Görsel 3.7, Görsel 3.8, Görsel 3.9 ve Görsel 3.10).



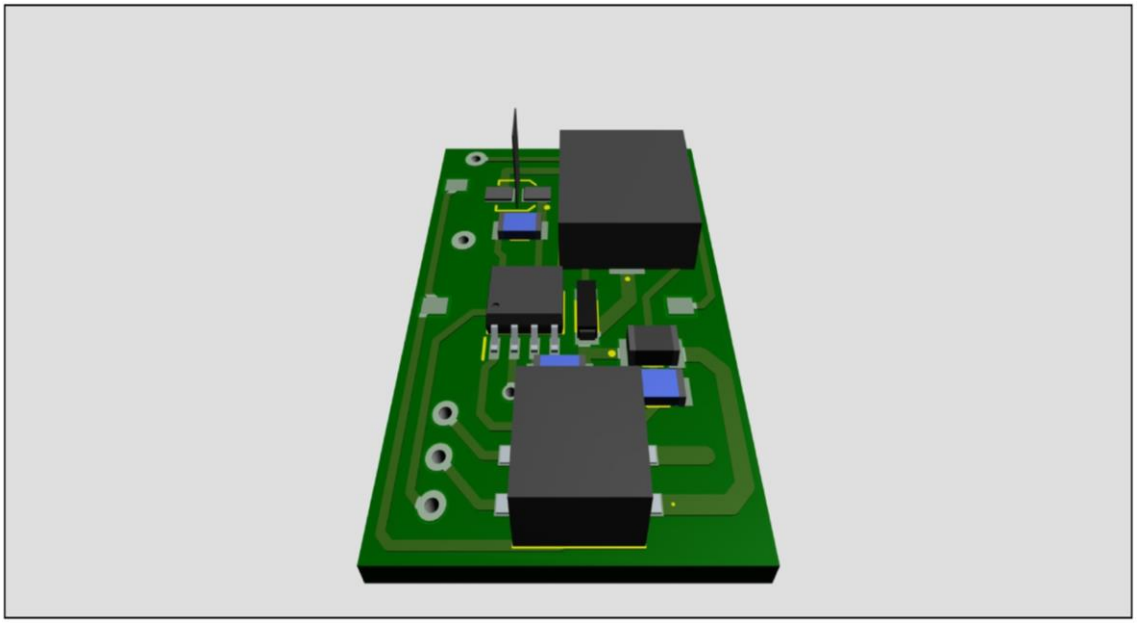
Görsel 3. 1. Anakart elektronik devresinin önden görünüşü



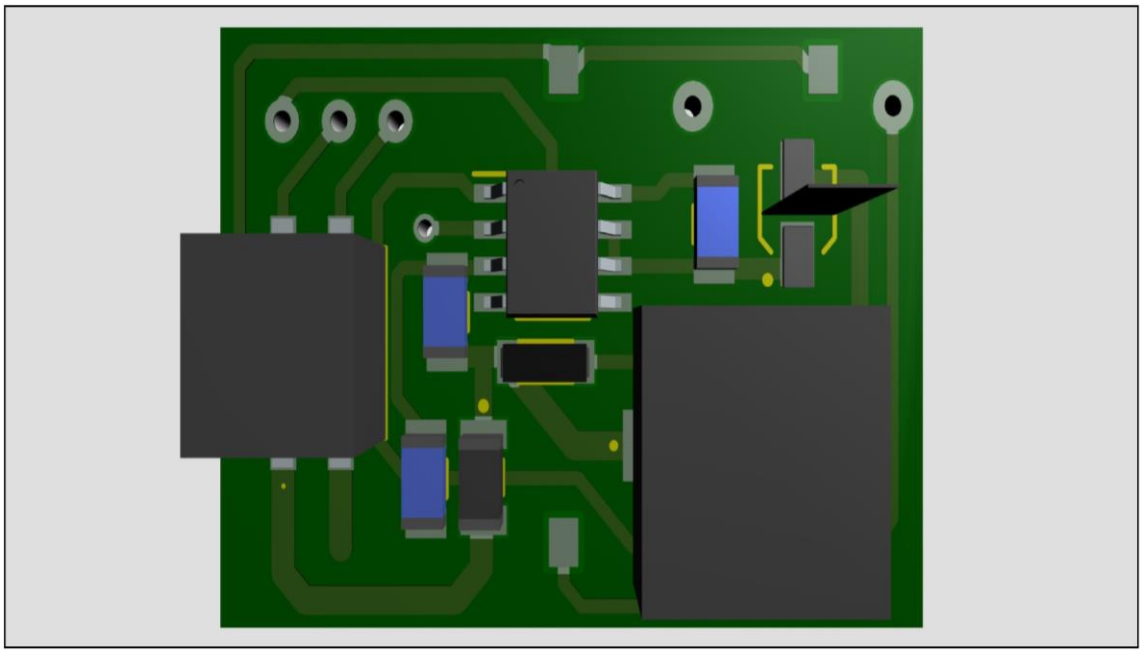
Görsel 3. 2. Soldan görünüşü



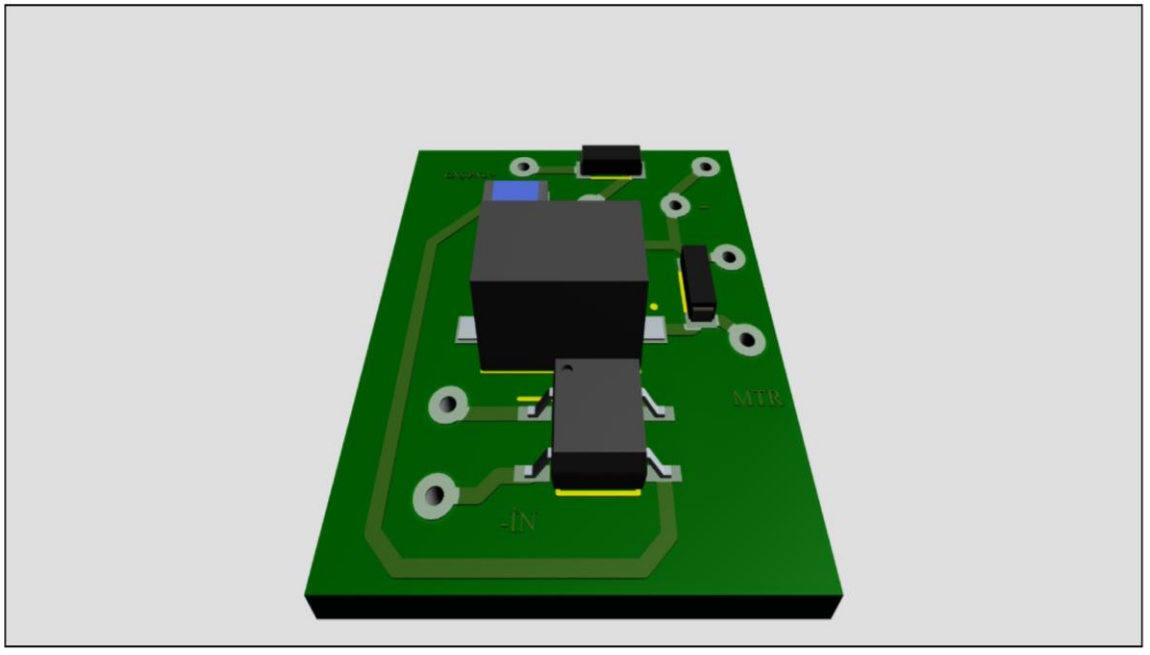
Görsel 3. 3. Arka görünüşü



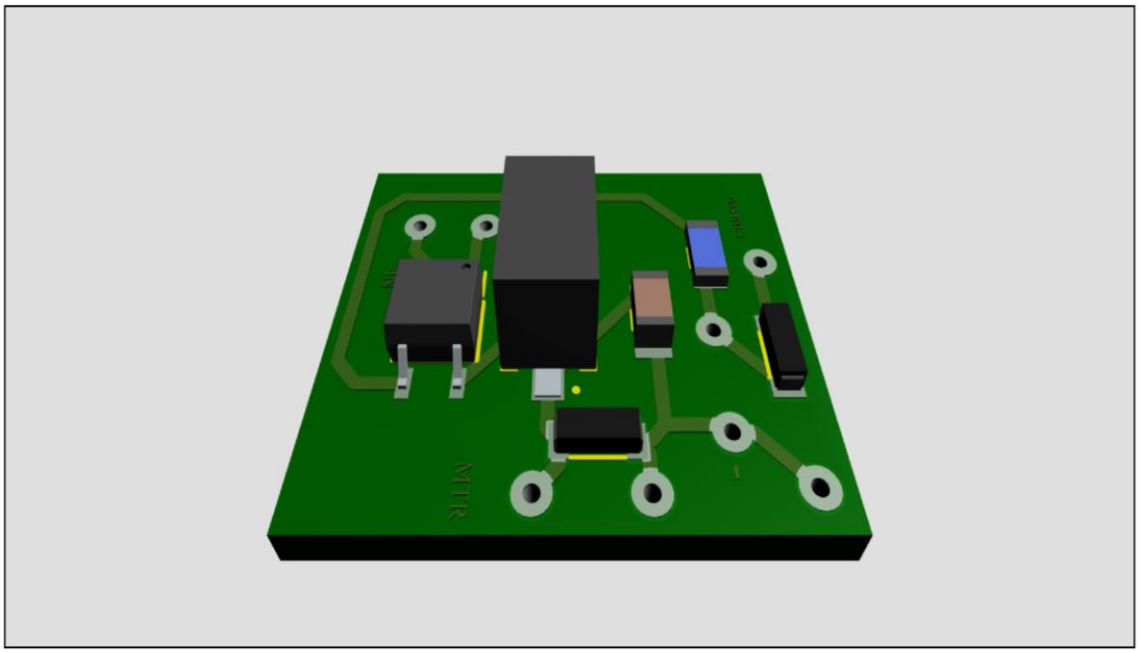
Görsel 3. 4. Sağdan görünüşü



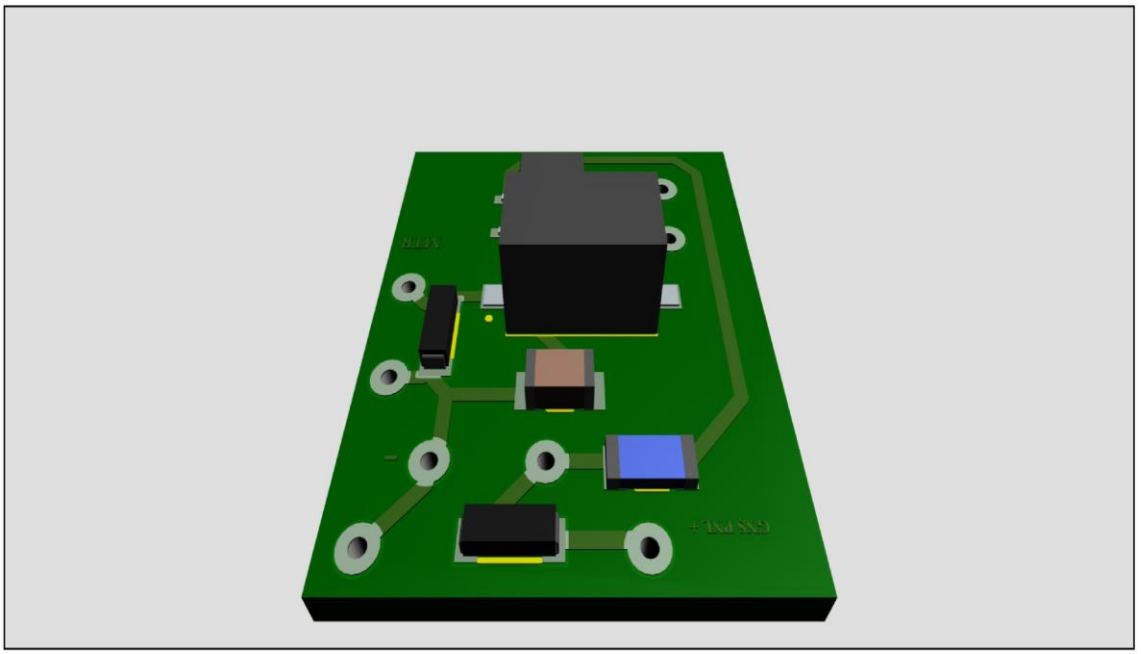
Görsel 3. 5. Üstten görünüşü



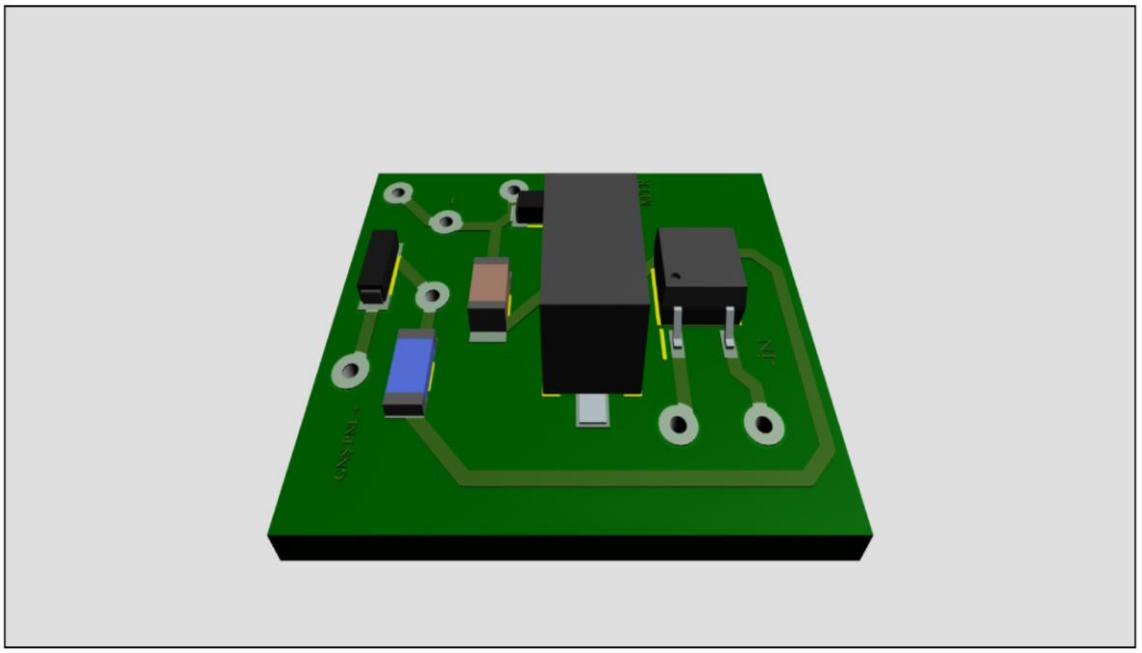
Görsel 3. 6. Motor sürücü elektronik devresinin önden görünüşü



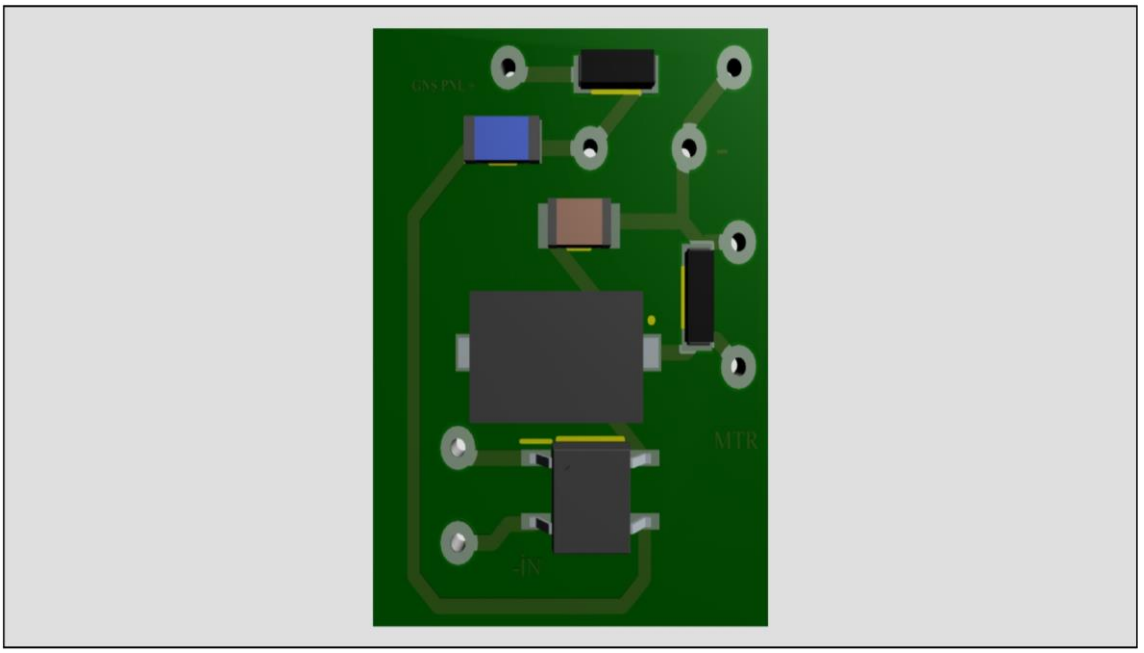
Görsel 3. 7. Soldan görünüşü



Görsel 3. 8. Arka görünüşü



Görsel 3. 9. Sağdan görünüşü



Görsel 3. 10. Üstten görünüşü

Anakart Pcb boyutları, Width (genişlik) 31mm ve Height (yükseklik) 21mm. Motor sürücü Pcb boyutları, Width (genişlik) 20mm ve Height (yükseklik) 24mm dir.

3.2.1.5. Elektronik devre çalışma yapısı ve kurulumu

Bu çalışma, 2 aşamadan oluşmaktadır. Gerekli simülasyonlar için devrenin kurulması ve entegrenin çalışma yapısı olarak işlenmiştir. Bu aşamalar;

- Ölçüm için devre kurulumu.
- NE 555 Entegrenin, yapısı ve monostabil çalışması.

Ölçüm için devre kurulması

Devre çizimleri tamamlandıktan sonra, proteus uygulamasında instruments bölümünden oscilloscope (osiloskop) seçimi yapıldı. Devre çıkışının sağlanması için gerekli NE555 entegreli devre kuruldu, doluluk oranları için 10kΩ direnç ve 4.7µF kondansatör seçilmiştir. Kondansatör polarite yani kutuplu özelliklidir. Pozitif (+) uç entegrenin 6 numaralı bacağına bağlantısı yapılır. Negatif (-) uç devrenin toprak ucuna yani gnd ucuna bağlanır. Ölçüm için hazırlanan devrede, tüm devre elemanları uçları yine terminal tanımlanarak (place wire label) uygulanmıştır. NE555 entegresinin monostabil operasyonudur. (monostable operation) Entegrenin 2 numaralı tetik (trigger) ucuna, generator modundan (generator mode) dclock sinyali verilir. dclock bölümünden (digital clock generator properties) dijital tipi (digital types) kısmından clock (saat) modu seçilir. Burada, timing modundan frekans değeri 50Hz olarak ayarlanmıştır. Entegrenin 4 numaralı ucu sıfırlama ucu olup, (reset) devre gerilim besleme ucuna bağlanır. 5 numaralı uca olabilecek parazitlere karşı 10nf kondansatör bağlanmıştır. Entegrenin 5 numaralı ucu, kontrol ucudur. Ve bu uç, $\frac{2xV_{CC}}{3}$ gerilim değerine bağlıdır. Entegrenin 8 numaralı ucuna 5VDC gerilim uygulanmıştır. Bu gerilim işlemi, vcc olarak tanımlanmıştır. Entegrenin 1 numaralı ucu, devre ortak topraklama ucuyla topraklanmıştır. Bu uç, gnd olarak tanımlanmıştır. Entegrenin 6 ve 7 numaralı uçları ortak uç olarak bağlanmıştır. Bu uçlar, 10kΩ ve 4,7µF kondansatörün pozitif polaritesine bağlıdır. Osiloskop uçları, sırasıyla entegrenin 3 numaralı çıkış olan OU., 6 ve 2 numaralı terminallere bağlanır. Burada 2 numaralı uç, 50Hz dclock tetiktedir. 6 numaralı uç kondansatör ve direnç ortak

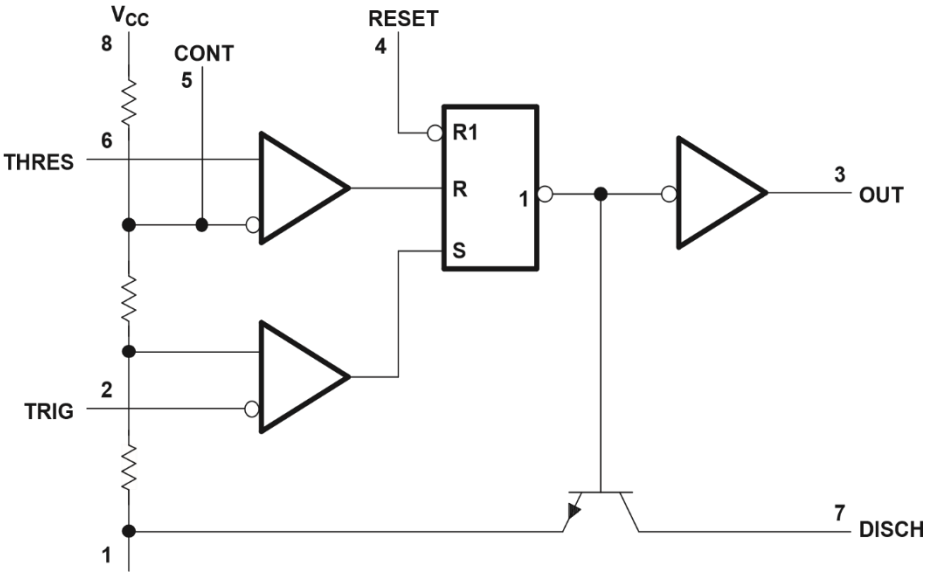
noktasıdır.

Ne 555 entegrenin yapısı ve monostabil çalışması

Ne 555 entegrenin iç yapısından bahsedilerek, monostabil çalışma yapısı incelenecektir.

Ne 555 entegrenin yapısı

İsviçreli elektronik mühendisi olan Hans R.Camenzind, 555 zamanlayıcı entegresini 1970 yılında tasarlamıştır. Entegrenin yapısında, 3 adet 5kΩ olduğundan dolayı adını buradan almıştır. Entegre 8 bacaklıdır. 1. Bacak topraklama 2. Bacak tetik 3. Bacak çıkış, 4. Bacak sıfırlama 5. bacak Kontrol, 6. bacak gerilim eşik, 7. Bacak deşarj bacak ve en son olarak 8 nolu bacak entegrenin gerilim besleme bacağıdır. Çalışma gerilim aralığı 5VDC-15VDC aralığındadır. Sıcaklık aralığı -55°C ve +125°C dir. Genellikle zamanlama devrelerinde sık olarak kullanılmaktadır. Sinyal üretimlerinden, genişlik modülasyonuna kadar birçok devrelerde kullanılmaktadır.

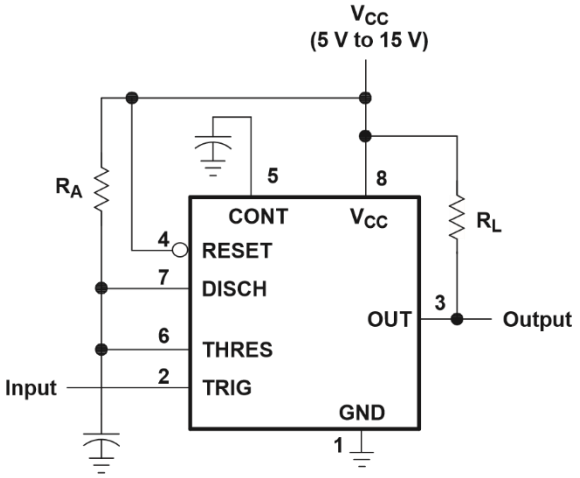


Şekil 3. 3. Fonksiyonel blok diyagramı (Texas İnstruments, 2006)

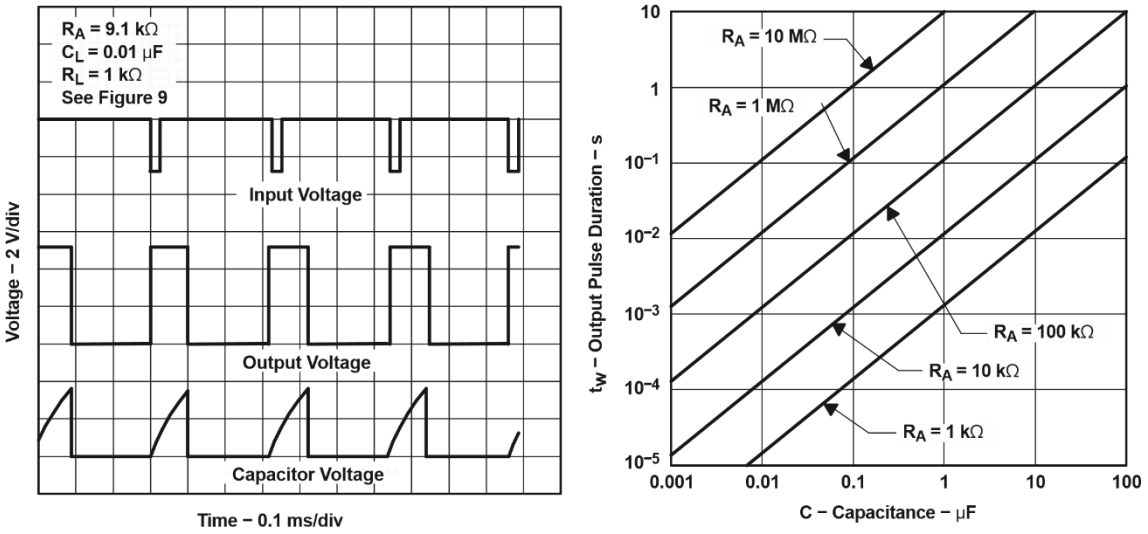
Fonksiyonel blok diyagramında 2 adet Op-Amp, 1 adet çevirici (inverter), 1 adet R-S Flip Flop 1 adet transistor bulunmaktadır. Bu diyagram entegrelerin yapısına göre değişiklikler olabilmektedir. Prototip çalışmamızda, NE555 entegrenin monostabil modunda (tek karalı) uygulayacağız (Bkz. Şekil 3.3).

Ne 555 entegrenin, monostabil (tek karalı) çalışması

Elektronik devrede yer almakta olan NE555 zamanlayıcı entegre, devre tasarımında monostabil olarak uygulandı. Entegrenin teknik verilerine göre, tek kararlı çalışma için, bu zamanlayıcılardan herhangi biri Şekil 9'da gösterildiği gibi bağlanabilir. Çıkış düşükse, tetiğe (TRIG) negatif giden bir darbenin uygulanması, flip-flop'u ayarlar (Q düşer), çıkışı çalıştırır. yüksek ve Q1'i kapatır. Kondansatör C, kondansatör üzerindeki voltaj eşik (THRES) girişinin eşik voltajına ulaşıncaya kadar RA üzerinden şarj edilir. TRIG yüksek bir seviyeye geri döndüyse, eşik karşılaştırıcısının çıkışı iki duraklılığı sıfırlar (Q yükselir), çıkışı düşük sürer ve C ile Q1'i boşaltır. Tek kararlı çalışma, TRIG voltajı tetik eşiğinin altına düştüğünde başlatılır. Bir kez başlatıldığında, sıra yalnızca zamanlama aralığının sonunda TRIG yüksekse sona erer. Q1'in eşik seviyesi ve doygunluk voltajı nedeniyle, çıkış darbe süresi yaklaşık olarak tw = 1.1RAC'dir. Şekil 11, RA ve C'nin çeşitli değerleri için zaman sabitinin bir grafiğidir. Eşik seviyeleri ve şarj oranlarının her ikisi de besleme voltajı VCC ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, zaman aralığı boyunca besleme gerilimi sabit olduğu sürece, zamanlama aralığı besleme geriliminden bağımsızdır. Zamanlama aralığı sırasında RESET ve TRIG'ye aynı anda negatif giden bir tetikleme darbesi uygulamak C'yi boşaltır ve sıfırlama darbesinin pozitif kenarında başlayarak çevrimi yeniden başlatır. Sıfırlama darbesi düşük olduğu sürece çıkış düşük tutulur. Yanlış tetiklemeyi önlemek için RESET kullanılmadığında VCC'ye bağlanmalıdır (URL6, 2006). Açıklamada yer almakta olan Şekil 9 ve Şekil 11 sırasıyla aşağıda yer almaktadır (Bkz. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



Şekil 3. 4. Ne 555 monostabil bağlantısı



Şekil 3. 5. Fonksiyonel blok diyagramı (Texas İnstruments, 2006)

Ne 555 entegrenin datasheed bilgilerine dayanılarak entegrenin doluluk (doygunluk oranları R_A direnci ve C_L kondansatörü belirlemektedir. Ve yine datasheed verilerine dayanılarak çıkış darbe süresi yaklaşık olarak,

$$t_w = 1.1R_A x C_L \text{ dir.} \tag{2.1}$$

Bu değer bahsedildiği gibi yaklaşık değerdir. Bu denkleme göre tasarlamış olduğumuz devrede $R_A = 10k\Omega \; ve \; C_L = 4.7\mu F$ değerleri baz alırsa çıkış darbe süresi yaklaşık olarak,

t_w = 1,1x10.000x4,7x10^{-6} = 0.00517 s. yapmaktadır. (2.1)

Devrenin çıkış darbe süresi yaklaşık olarak, 0.00517 saniyedir. Entegrenin blok diyagramında 2 adet karşılaştırıcı mevcuttur. (Bknz. Şekil 3.3. Fonksiyonel Blok Diyagramı) (Texas İnstruments, Datasheet, Ne555, 2006) 1. Karşılaştırıcı olarak 6. Bacak gerilim değeri $\frac{2xV_{CC}}{3}$ dir. 2. Karşılaştırıcı olarak tetik ucu, (trigger) $\frac{1xV_{CC}}{3}$ gerilim değerindedir. Bu karşılaştırma entegrenin 3 numaralı ucuna sinyal aldığında, R-S flip flop devreye girer. Bu değer lojik değerler olup, çıkış yükselince (lojik 1) ve düşünce (lojik 0) olur. 2. bölümde bahsi geçen konuya ilişkin, manyetik alan etkileri hiç şüphesiz vardır. AC gerilim yüklü kablo bu etkiden dolayı çevresine manyetik alan yayar. Bu alan sayesinde entegrenin TRG bacak kısmı olan 2 numaralı bacağa sinyal girişi olur. Bu tetikten sonra entegrenin, gerilim karşılaştırıcıları işlem başlatır ve karşılaştırma sonucu Flip-Flop ünitesine iletilir. Alternatif gerilim (AC) etkisiyle entegrenin 3. Bacağı aktif olur (Bkz. Şekil 2.4, Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9, Görsel 2.1, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).

3.2.1.6. Bilgisayar ortamında elektronik devre simülasyonu

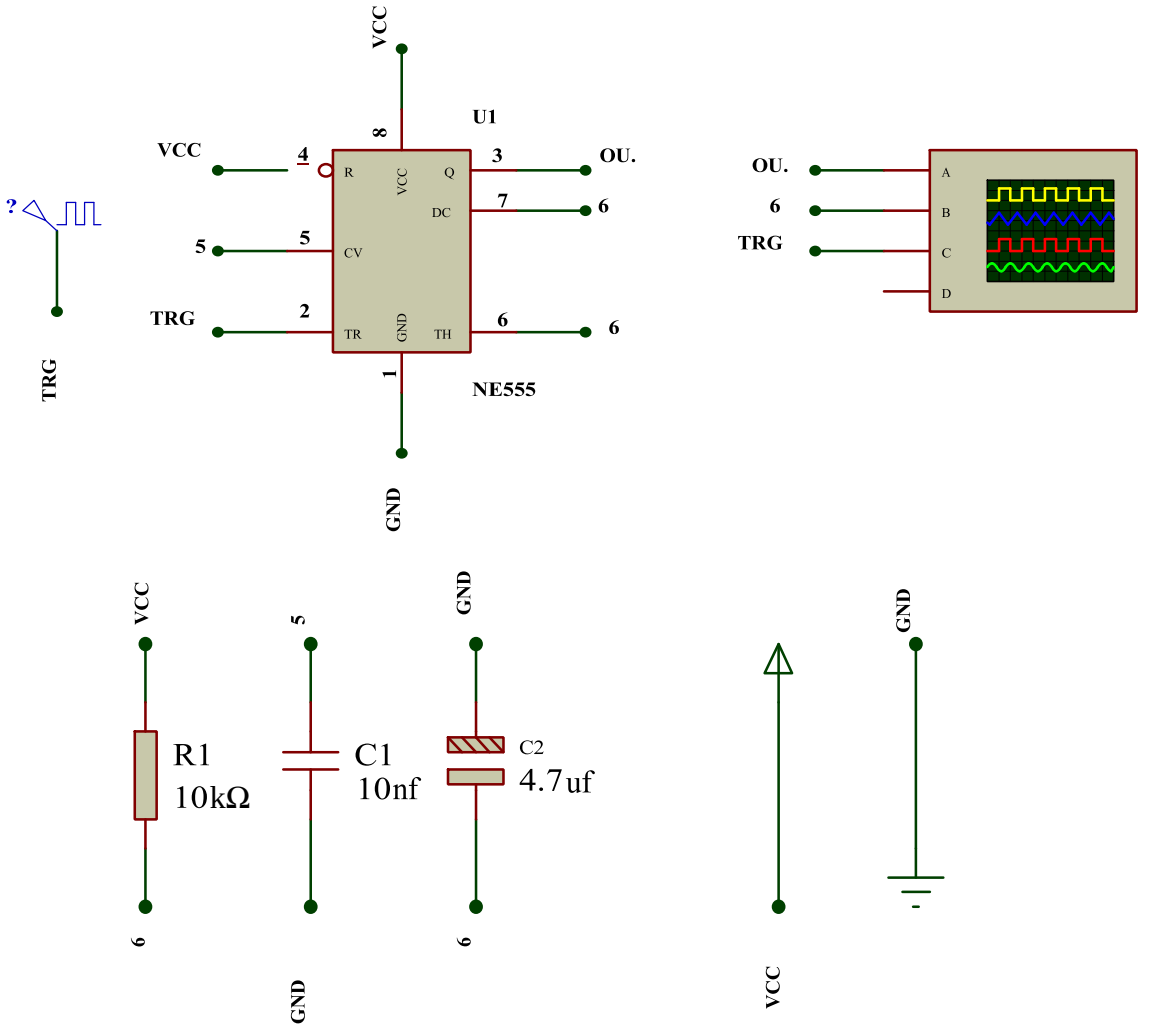
Bu bölümde, bilgisayar ortamında entegrenin çıkışlarının izlenmesi için devre kurulmuştur. Elektronik devrede, seçilmiş direnç kondansatör değerlerin çıkışa olan etkilerinin izlenmesi son derece önemlidir. 3 aşamada işlem gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar;

- Simülasyon için devre hazırlanması.
- Elektronik devre osilaskop bağlantısı ve kurulumu.
- Elektronik devre osilaskop çıkışları.

Simülasyon için Devre Hazırlanması.

Bilgisayar ortamında, Proteus uygulaması kullanılarak devre çizimleri 3D görüntüler ve elektronik devre Osiloskop çıkışlarına ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Proteus programında, devrenin stabil çalışmasını sağlayabilen

çıkışların elde edilmesine ilişkin uygulamalar yapılmıştır. İnstruments bölümünden, oscilloscope (osiloskop) seçilmiştir. Osiloskop 3 kanalı kullanılmıştır. (Bkz. Şekil 3.6)



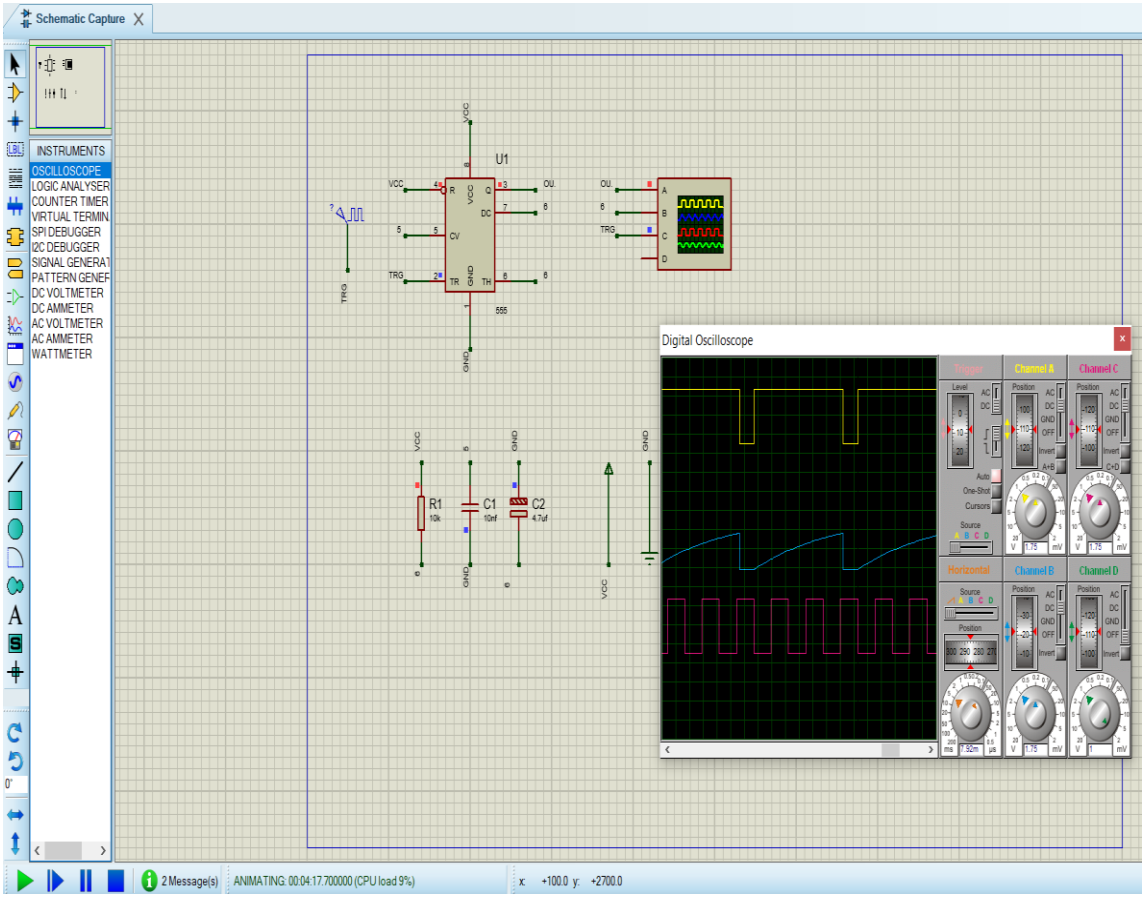
Çizen: Savaş Yoldaş
Elektrik Mühendisi

Şekil 3. 6. Simülasyon çıkışları için devre şeması

Elektronik devre osilaskop bağlantısı ve kurulumu

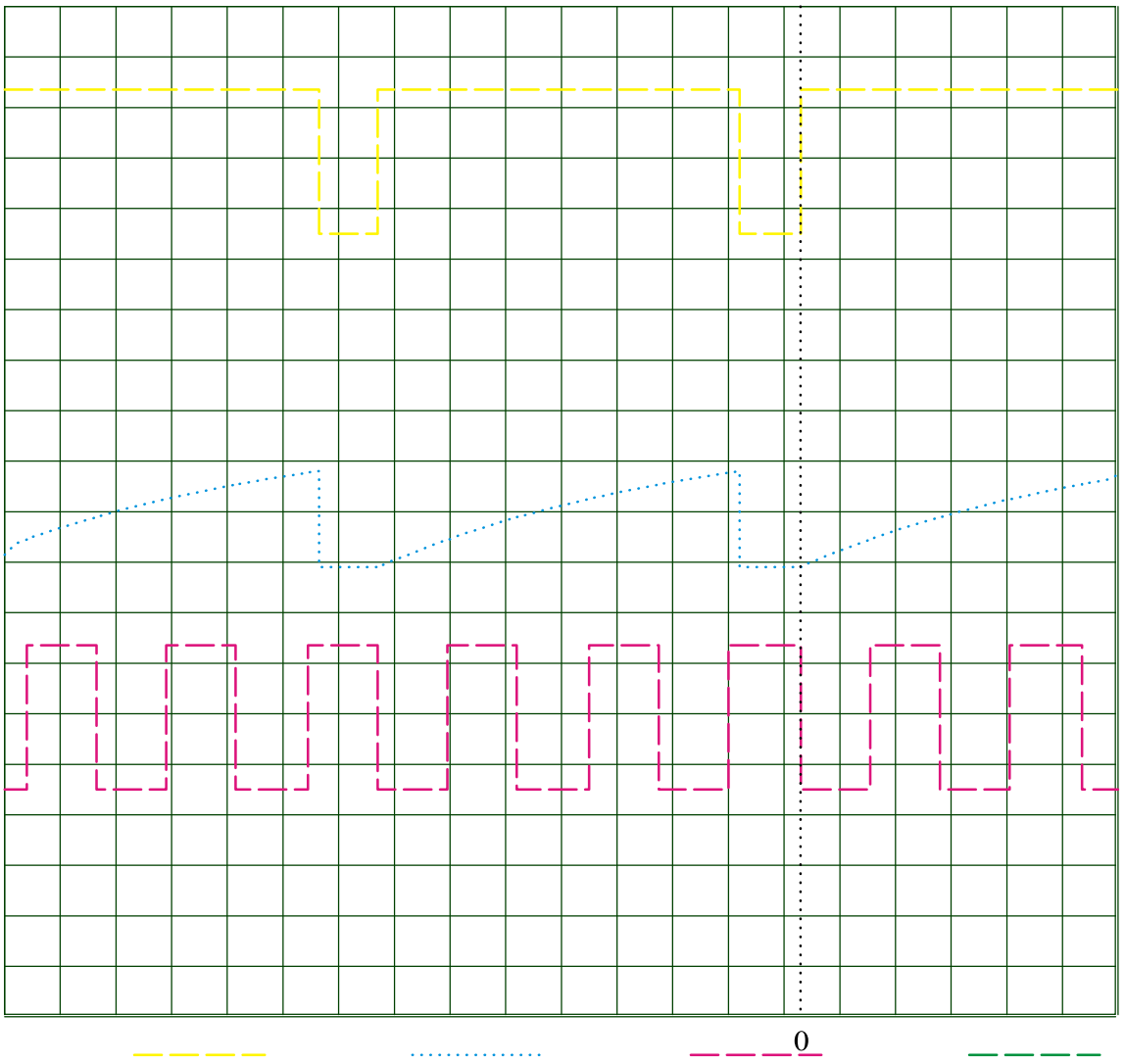
Elektronik devre, 3 noktadan osilaskop çıkışları izlenmiştir. 1. Kanal A OU. Terminaline (entegre 3. Bacak), kanal B 6. Terminale ve Kanal C entegrenin tetik ucuna bağlanmıştır. Kanal D boş bırakılmıştır. Kanal A için sarı işaretlenmiştir. Bu kanalda V/Div: 1,75V, Offset 19,25V ayarlanmıştır. Kanal B için mavi olarak işaretlenmiştir. Bu

kanalda V/Div 1,75V, Offset -3,85V ayarlanmıştır. Kanal C için kırmızı işaretlenmiştir. Bu kanalda V/Div 1,75V, Offset -19,25V olarak ayarlanmıştır. Kanal C bağlantı yapılmamıştır (Bkz. Şekil 3.7).



Şekil 3. 7. Osiloskop bağlantısı

Elektronik devre osiloskop çıkışı (dso)



	Channel A	Channel B	Channel C	Channel D
V/Div	1.75 V	1.75 V	1.75 V	1.00 V
Offset	19.25 V	-3.85 V	-19.25 V	-11.20 V
Invert	Normal	Normal	Normal	Normal
Coupling	DC	DC	DC	Off

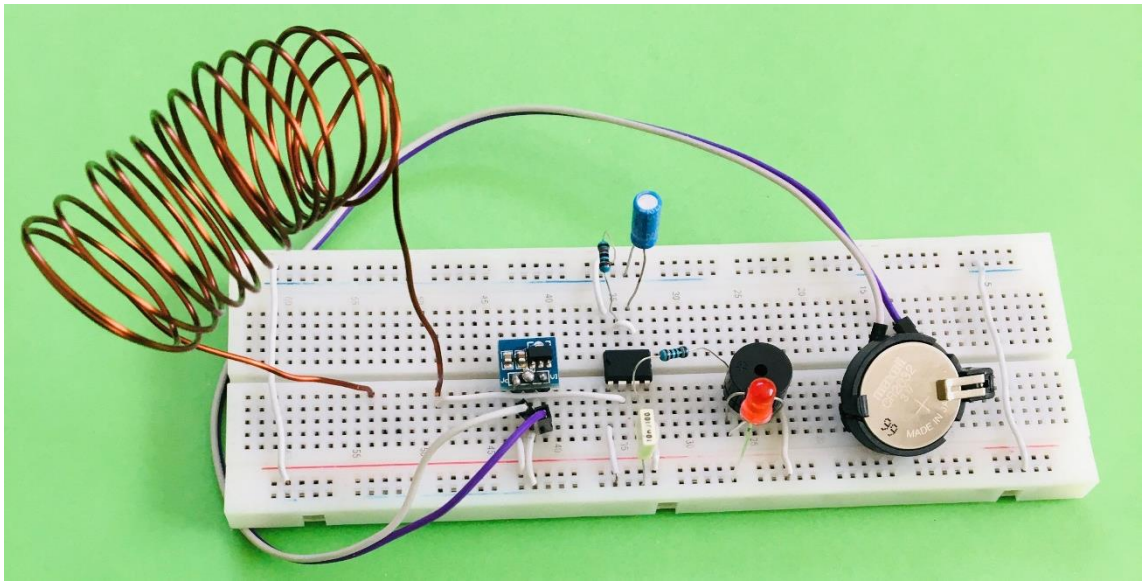
Horizontal		Trigger	
Source	Trace	Source	Channel A
Position	113.21 mS	Level	1.40 V
S/Div	7.92 mS	Coupling	DC
		Edge	Rising
		Mode	Auto

Şekil 3. 8. Osiloskop kanal ayarları ve çıkışı

3.2.2. Elektronik devrenin devre tahtası ortamında kurulumu

Elektronik devrelerin, pcb ortamında lehimleme işlemlerinden sonra devrenin tekrar değiştirilmesi imkansızdır. Baskı devre ve lehimleme işlemlerinden öncesinde, mevcut yollar dışındaki bakır pcb üzerinden çeşitli metotlar ile ayrıştırılmıştır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra, pcb üzerinden yeni iletim yolları çizilmesi imkansızdır. Bu gibi durumların oluşmaması ve tasarımın doğru ve hedeflenebilir şekilde çalışması için, muhakkak fiziki olarak testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler için, kullanılan malzemeye devre tahtası denir. Devre tahtası, delikli olup yatay ve dikey temaslı iletim yolları mevcuttur. Elektronik devrelerde lehimleme işlemleri sonrası her türlü elektronik devre tasarım hataların düzeltilmesi olanaksızdır. Bu sebepten, tasarımı ve testleri yapılacak elektronik devrelerin devre tahtasında denenmesi son derece önemlidir.

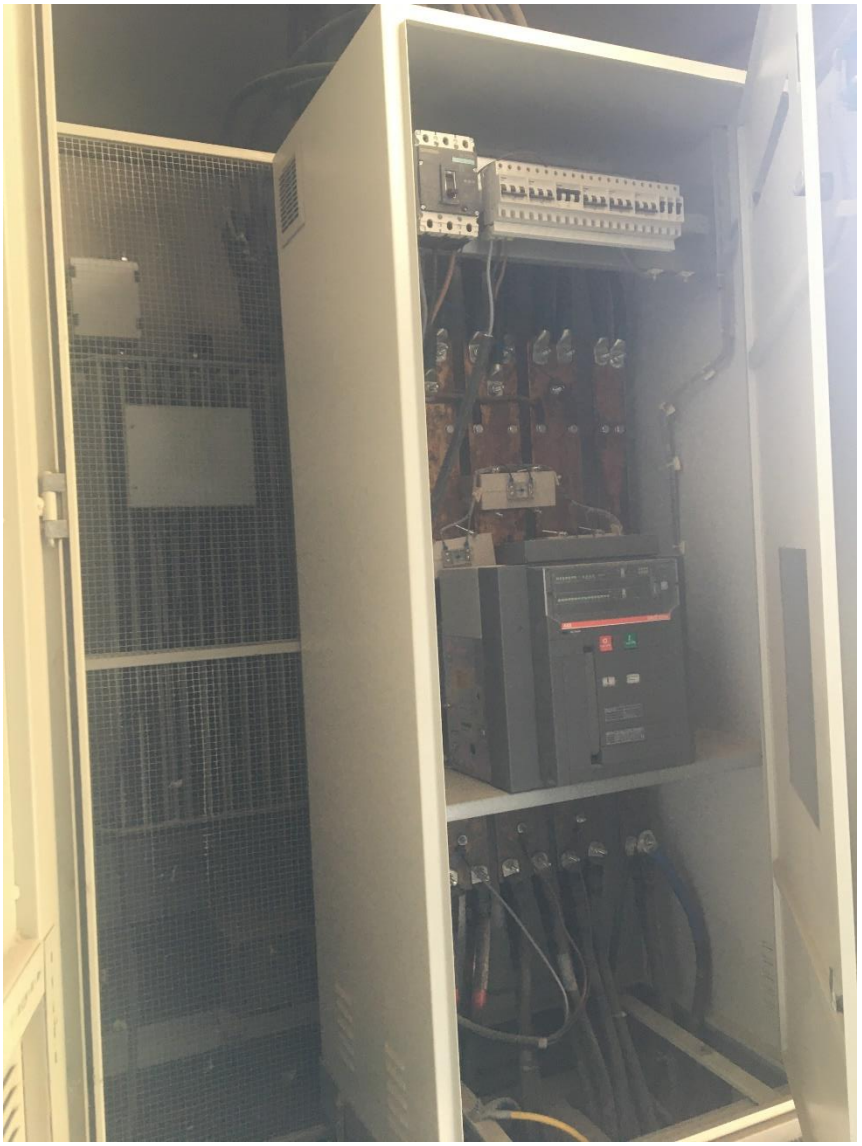
Bilgisayar ortamında simülasyonu ve çizimi yapılan elektronik devre, test işlemleri için devre tahtasına kurulmuştur. Kullandığımız devre elemanları normal elektronik devre elemanları olup, smt malzemelere ile aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Çünkü bu işlemlerde smt kullanımı imkansızdır. Anten olarak bakır iletken spiral şekilde kullanılmıştır. Devre tahtasına kurulan elektronik devre, görselde yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.11).



Görsel 3. 11. Elektronik devrenin devre tahtasında kurulumu

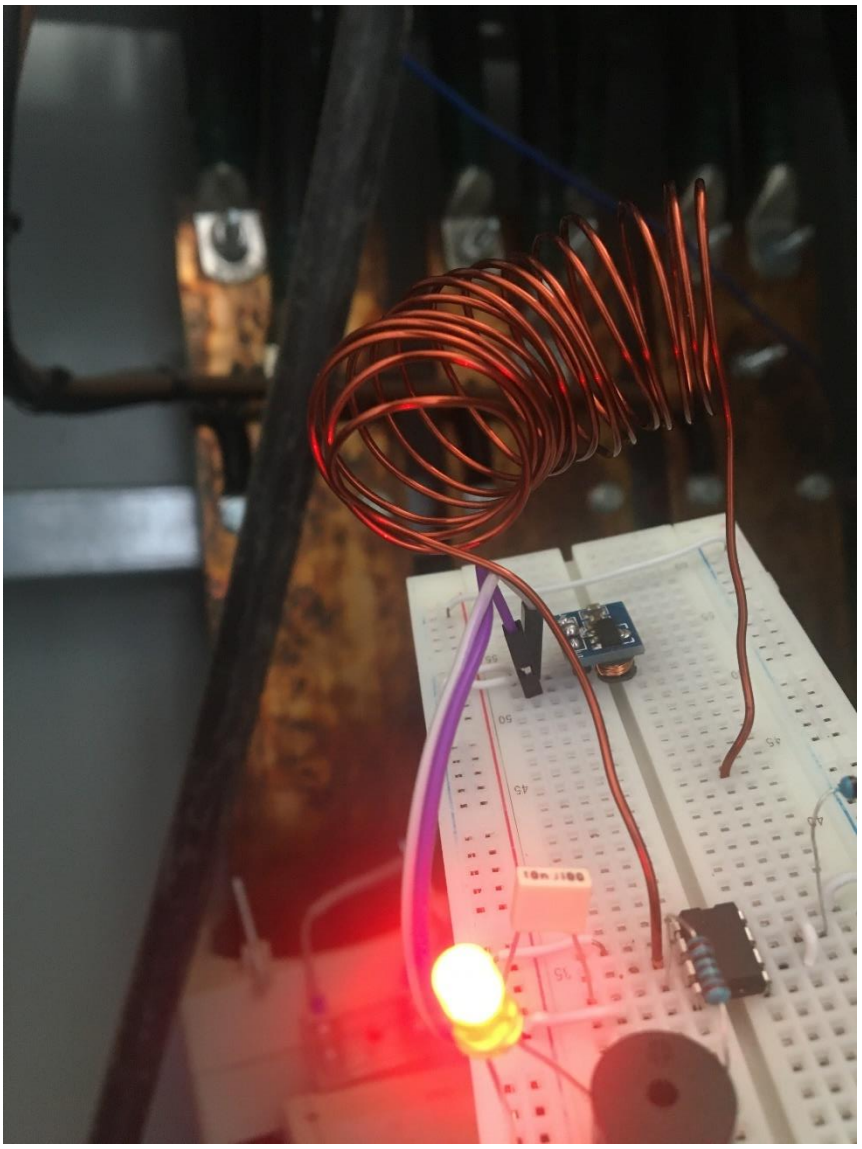
3.2.3. Devre tahtasında kurulan elektronik devre testlerinin yapılması

Elektronik devre tasarımı, tüm aşamalardan sonra testlerin yapılması için elektrik alan içeren bölgelerde test işlemleri yapılmıştır. Bu testler, İzmir Bakırçay Üniversitesinde bulunan 1600kVA trafo orta gerilim hücresi ve 463,8kW kurulu güce sahip atölye depo binası enerji odasında yapılmıştır. (Bkz. Görsel 3.12).

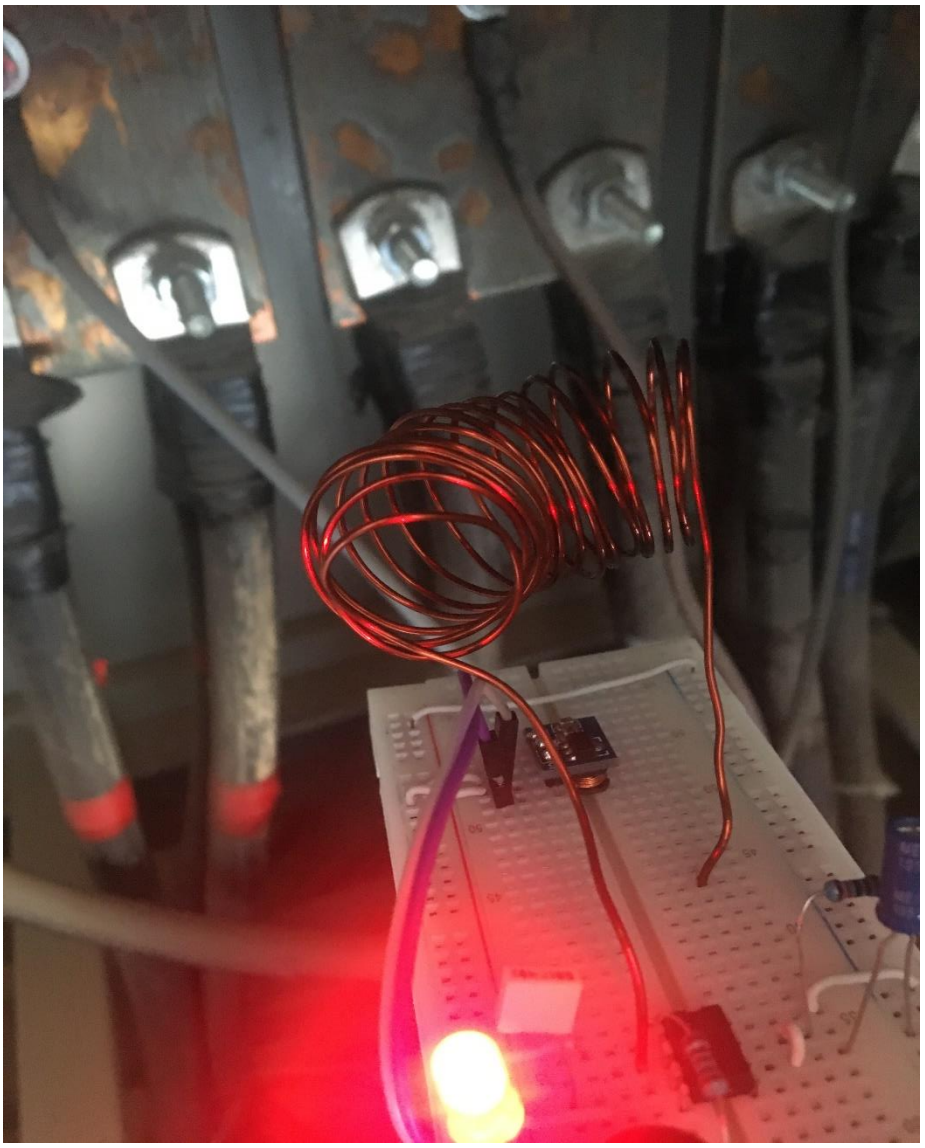


Görsel 3. 12. 1600kVA trafo orta gerilim hücresi

1600kVA trafo orta gerilim hücresinde, termik manyetik şalter ana bağlantı baralarında ölçüm yapılmıştır. Enerji baralarında, faz-faz gerilim değerleri yaklaşık olarak 380VAC- 400VAC gerilim aralığındadır. TMŞ girişinde, elektronik devrenin sinyal çıkışı görselde yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.13).

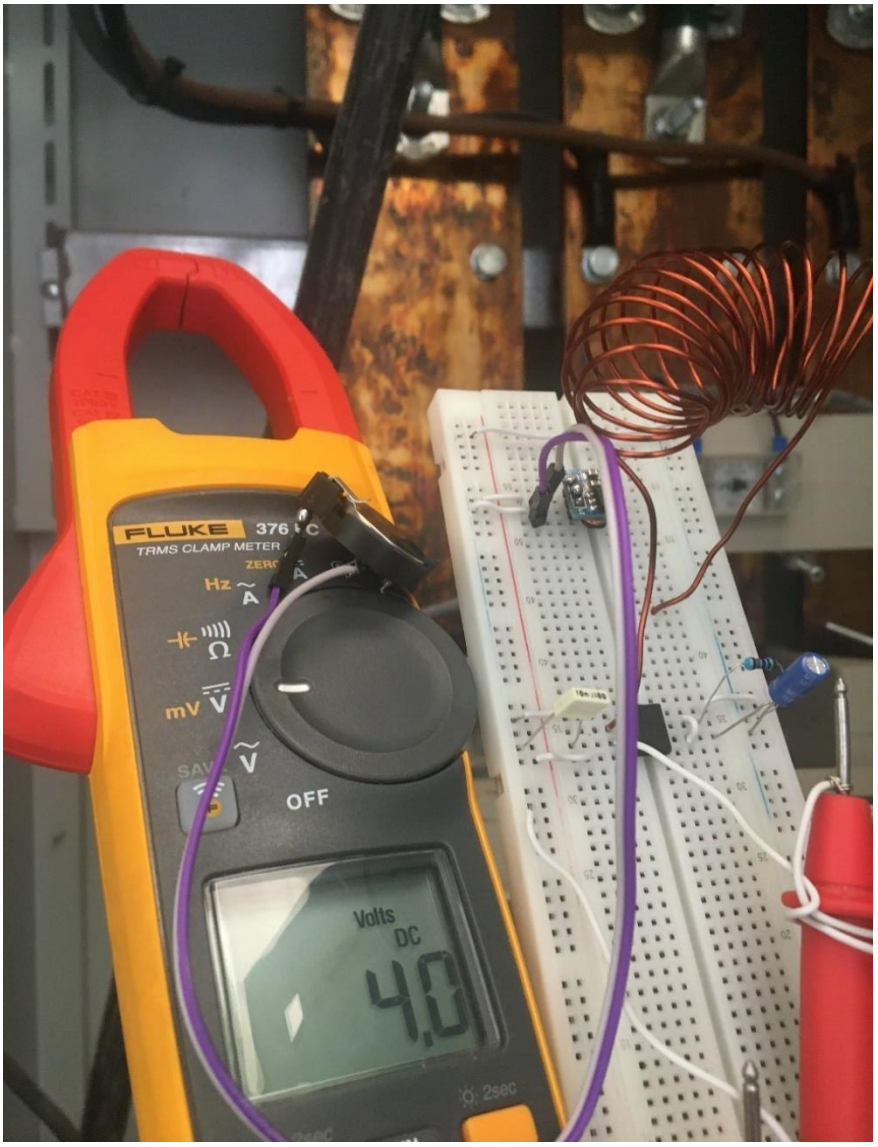


Görsel 3. 13. 1600kVA Trafo orta gerilim panosu TMŞ girişinde, elektronik devrenin sinyal çıkışı



Görsel 3. 14. 1600kVA Trafo orta gerilim panosu TMŞ çıkışında, elektronik devrenin sinyal çıkışı

1600kVA trafo orta gerilim hücresinde, panoda yer almakta olan ana şalter giriş ve çıkış gerilim baralarında ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerde, elektronik devre çıkışı sinyal lambası üzerinde gözlenmektedir. Devre tahtası üzerinde, anten için bakır iletken kullanılmıştır. TMŞ çıkışında, elektronik devrenin sinyal çıkışı görselde yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.14).



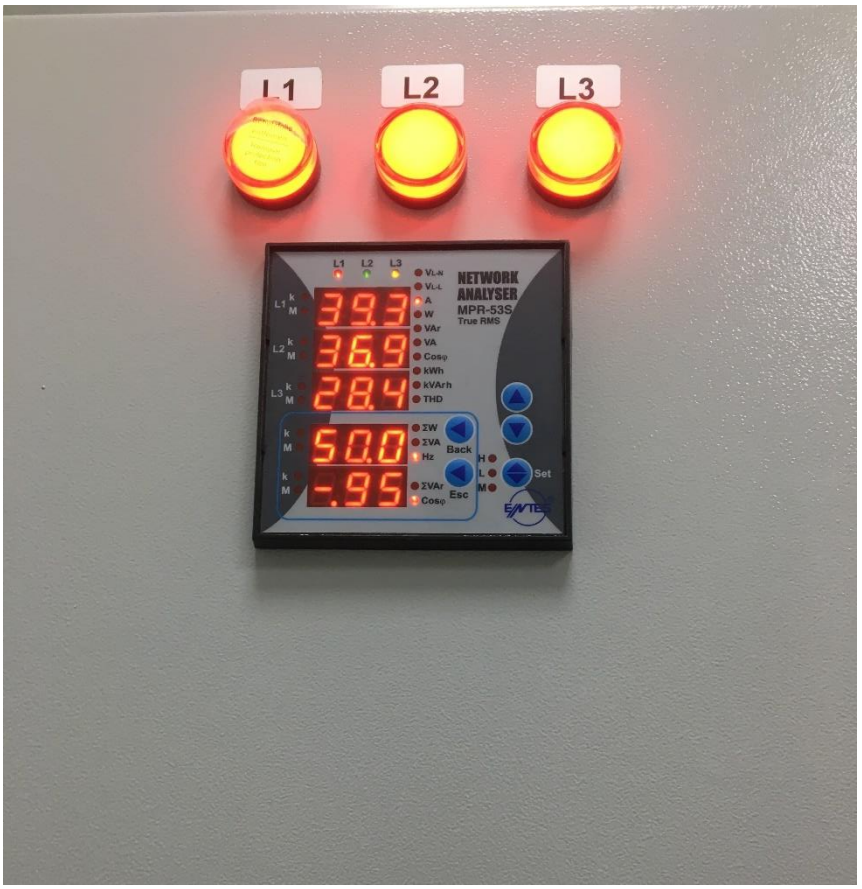
Görsel 3. 15. 1600kVA Trafo TMŞ girişinde, elektronik devrenin gerilim çıkışı

1600kVA trafo orta gerilim ana TMŞ besleme girişinde, elektronik devrede bulunan entegrenin 3 numaralı bacağında, yaklaşık olarak 4VDC gözlenmiştir. Bu ölçümler, belirlenmiş ölçüm standartlarına sahip cihaz ile yapılmıştır (Bkz. Görsel 3.15).



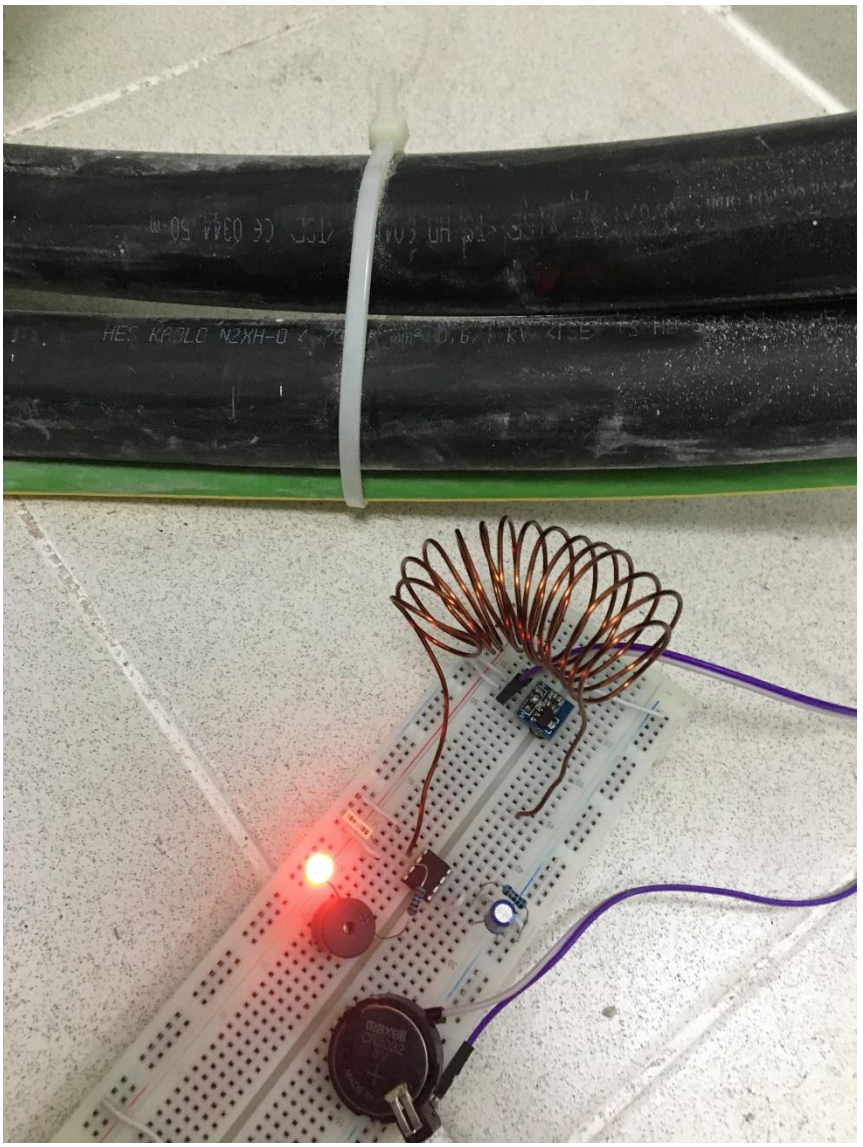
Görsel 3. 16. 1600kVA Trafo TMŞ çıkışında, elektronik devrenin gerilim çıkışı

1600kVA trafo orta gerilim ana TMŞ besleme çıkışında, elektronik devrede bulunan entegrenin 3 numaralı bacağında, yaklaşık olarak 4VDC gözlenmiştir. Bu ölçümler, belirlenmiş ölçüm standartlarına sahip cihaz ile yapılmıştır (Bkz. Görsel 3.16).



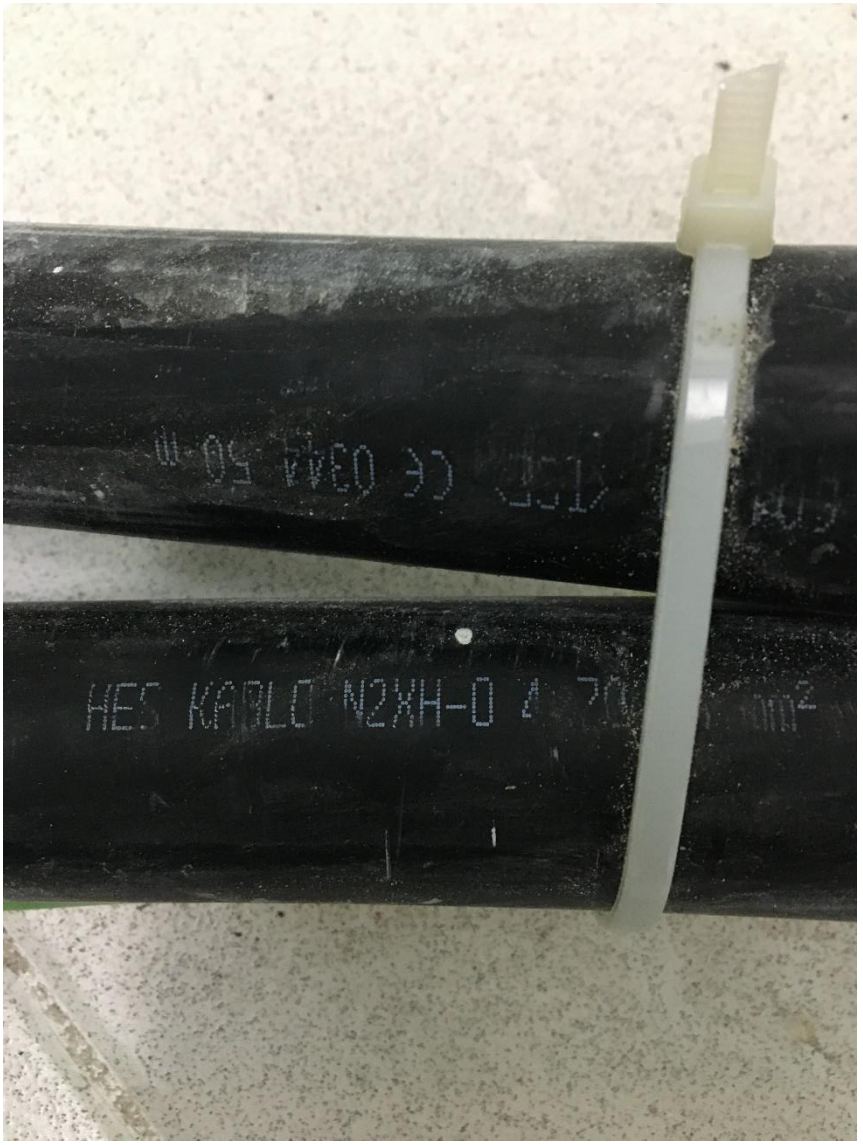
Görsel 3. 17. Bina enerji odasındaki enerji analizörün akım çıkışları

463.8kW kurulu güç değerlerine sahip binanın, enerji odasında bulunan ups besleme kablosuna temasız test yapılmıştır. Bu testin yapıldığı ilgili panoda, güç analizör değerlerinde 1. Faz (L_1) yaklaşık olarak, 39,3A (amper), 2. Faz (L_2) yaklaşık olarak 36,9A (amper) ve 3. Faz (L_3) yaklaşık olarak 28,4A (amper) olarak görülmektedir. Ayrıca 50Hz frekans değerine sahip olup cosα=0.95 değerindedir (Bkz. Görsel 3.17).



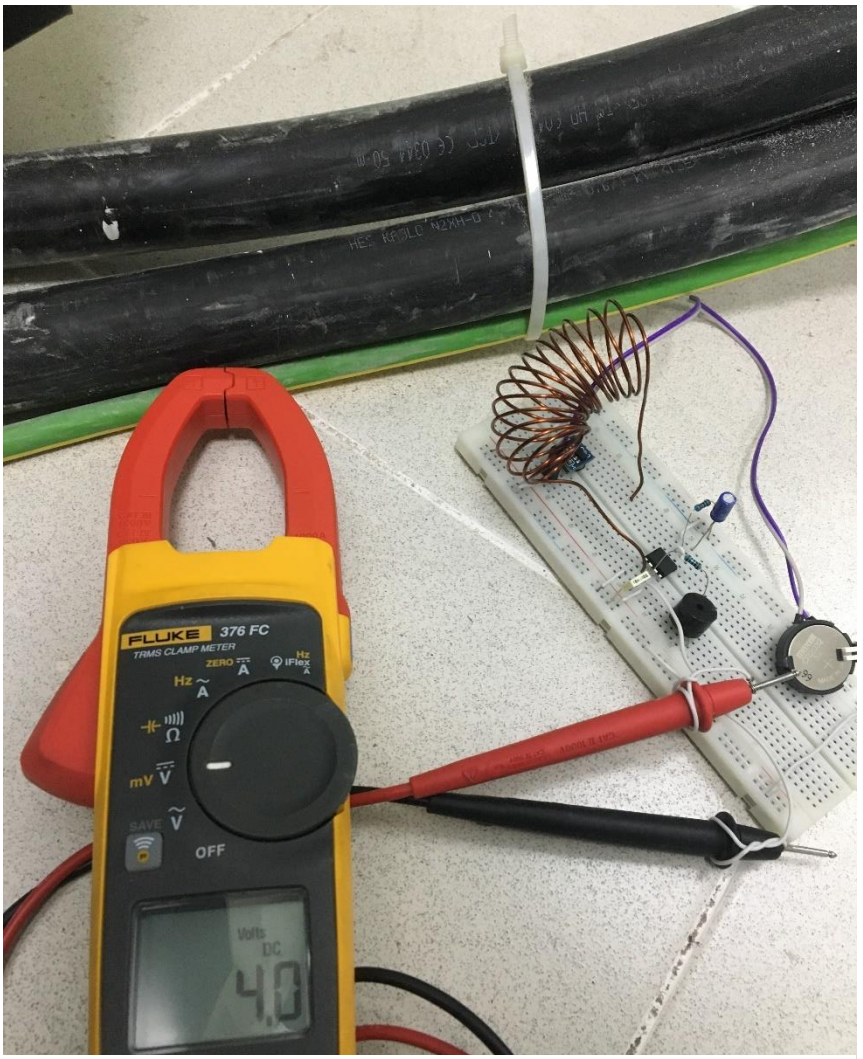
Görsel 3. 18. Bina enerji odasındaki ups besleme kablosu (4X70mm²) temasız elektronik devre testi

Bina enerji besleme odasında, değerleri verilen güç analizör panosunda besleme sağlayan 4x70mm² kesitindeki güç kablosuna temasız bir şekilde test yapılmıştır. Elektronik devre çıkış sağlamıştır. Bu çıkışı led üzerinden sinyali görülebilir (Bkz. Görsel 3.18).



Görsel 3. 19. Bina enerji odasında yer almakta olan 4x70mm² enerji kablosu

Enerji kablosu N2XH-O 4X70mm² kablo genel olarak özellikleri ‘’ Dış Çap: 34,00mm, Net Ağırlık: 3200kg/km, Sevk Uzunluğu: 1000m, İletken DC Direnci 20 ºC Max: 0.268 ohm/km, Akım Taşıma Kapasitesi (A): Toprakta 20 ºC, 252, Havada 30 ºC 247 özelliğindedir (URL7, 2021). (Bkz. Görsel 3.19).



Görsel 3. 20. Bina enerji odasındaki ups besleme kablosunda temasız elektronik devre çıkış gerilim testi

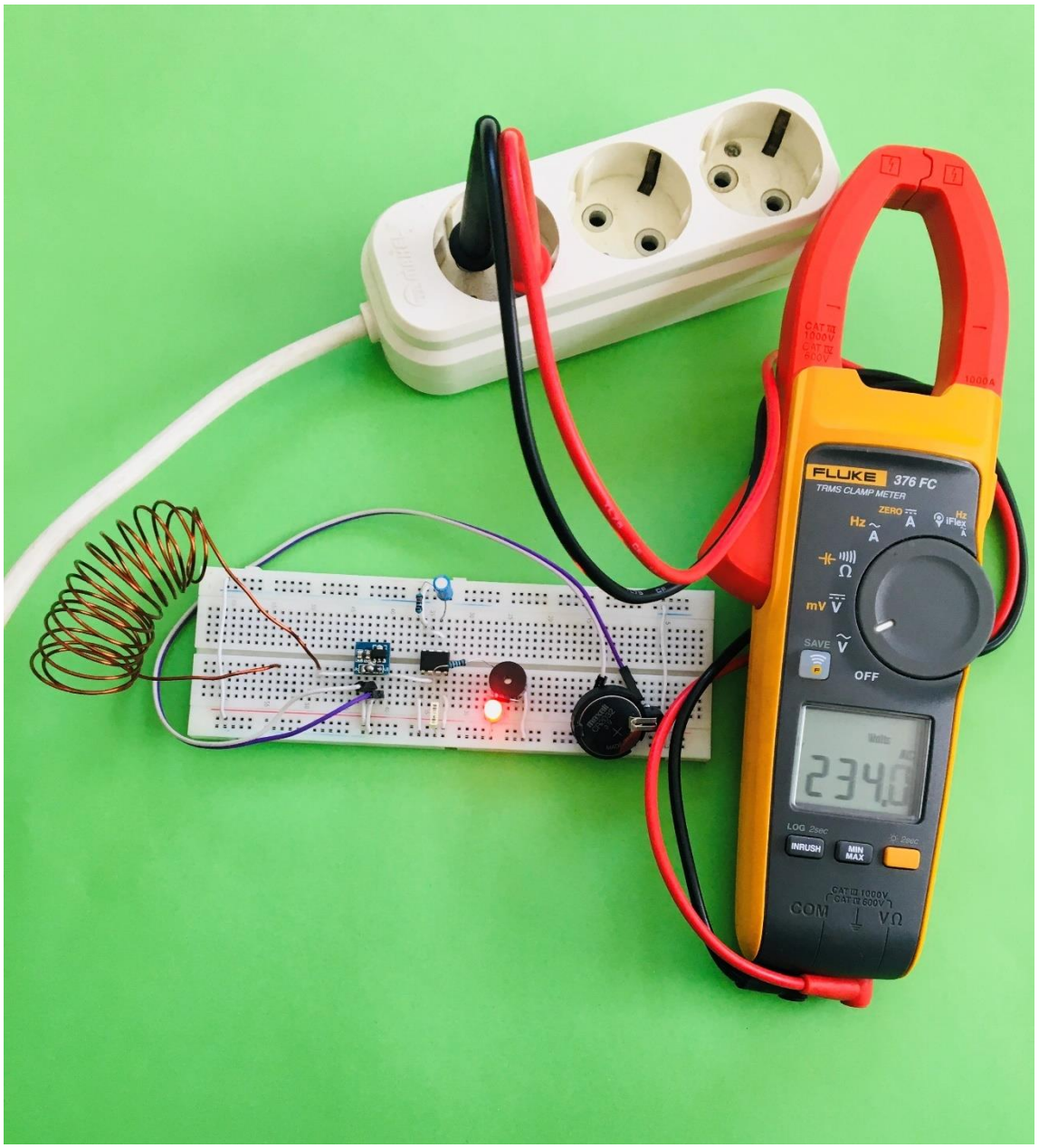
Elektronik devre testi, bina enerji odasında pano enerji güç kablosunda temasız bir şekilde yapılmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda, elektronik devre entegresinde 3. Bacağında 4VDC olarak ölçülmüştür (Bkz. Görsel 3.20).



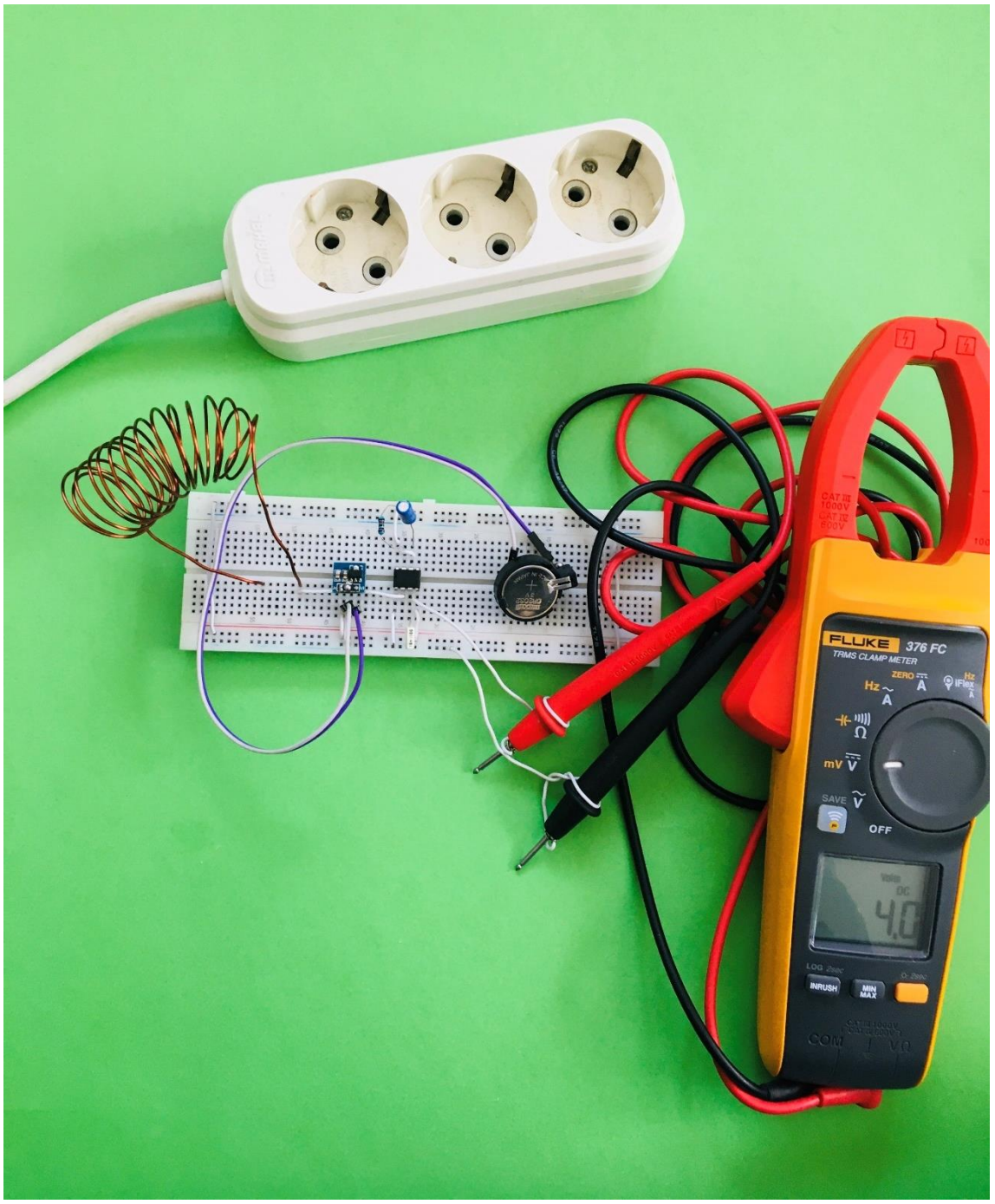
Görsel 3. 21. Bina enerji odasındaki enerji analizörü gerilim çıkışları

Bina enerji besleme ana panosunda bulunan enerji analizörü ölçümlerinde 1. Faz (L_1) yaklaşık olarak 505 VAC, 2. Faz (L_2) yaklaşık olarak 505 VAC ve 3. Faz (L_3) yaklaşık olarak 503 VAC olarak ölçüldüğü gözlenmiştir. Ve bu değerler yaklaşık 50Hz frekansındadır (Bkz. Görsel 3.21).

Şehir şebekesi yaklaşık olarak 234 VAC olarak ölçülmüştür. Bu gerilim değerindeki taşıyıcı kabloya temasız sinyal alınmıştır (Bkz. Görsel 3.22).



Görsel 3. 22. Elektronik devrenin şehir şebekesindeki testlerinde sinyal çıkışı



Görsel 3. 23. Elektronik devrenin şehir şebekesindeki testlerinde gerilim çıkışı

Şehir şebekesindeki taşıyıcı kabloya temasız gerilim çıkışı 4 VDC olarak alınmıştır (Bkz. Görsel 3.23).

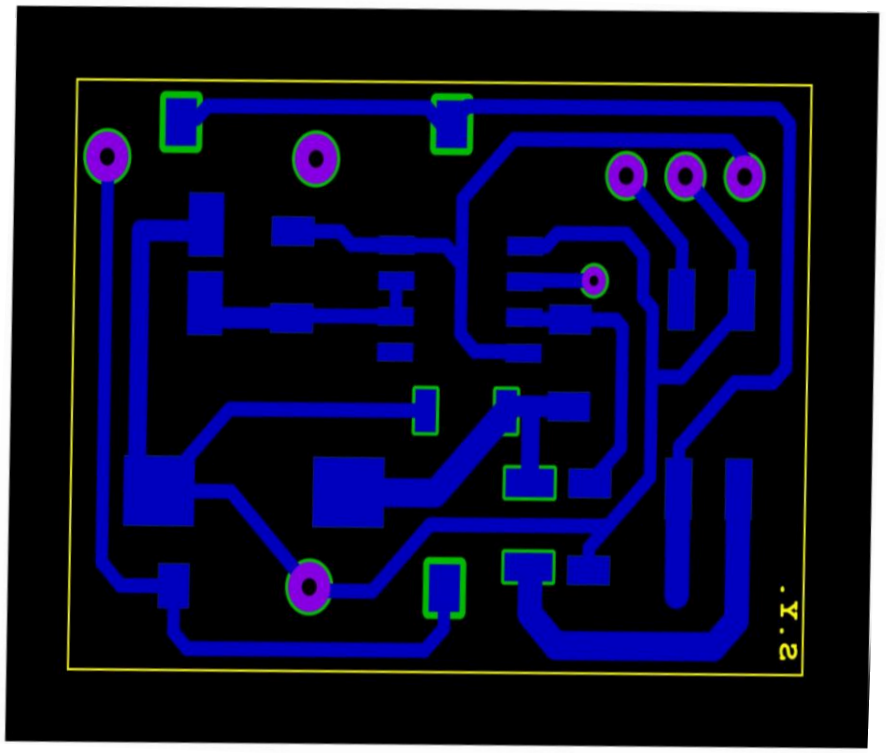
3.2.4. Elektronik baskı devre plaketin (pcb) hazırlanması

Elektronik devrenin, çizim ve simülasyon işlemlerinden sonra proteus ares uygulamasını kullanarak devrenin baskı tasarımını gerçekleştireceğiz. Bu aşamada, otomatik yerleşim yapılmamıştır. Hat yolları T20, T25, T30 ve T40 ile çizilmiştir. Elektronik baskı devre (pcb) 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar;

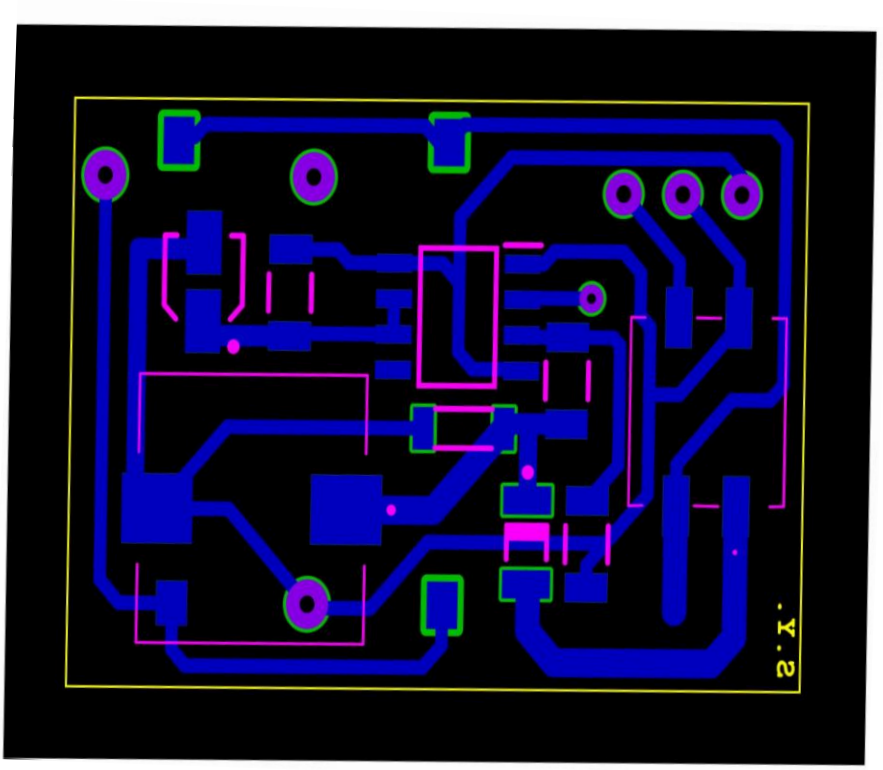
- Elektronik devre baskı çizimi.
- Baskı devrenin bakır plakete aktarılması.
- Elektronik devre elemanların lehimlemesi.

3.2.4.1 Elektronik devre baskı çizimi

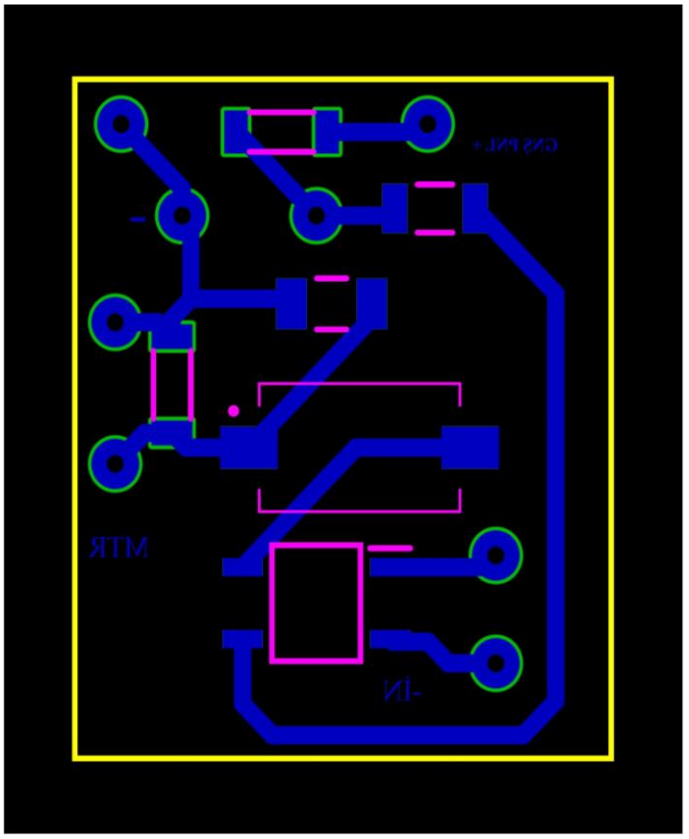
Proteus ares uygulamasını kullanarak, çizimini tamamlanan devrenin elektronik baskı yolları tasarlanacaktır. Bu işlem, anakart ve motor sürücü elektronik kartı için yapılmıştır. Bu işlemlerde, elektronik malzemelerin smt olarak kullanılmıştır. Elektronik devre elemanların kılıf ölçüleri, devre boyutları ve yerleşimleri için önemlidir. Elektronik baskı çıktıları 2 ayrı şekilde yapılmıştır. Bunlar, elektronik devre elemanları kılıflı baskı çıktısı ve sadece baskı iletim yolları içeren elektronik baskı devre çıktısıdır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra, ilgili devre baskıları A4 boyutlu kâğıda yazdırılarak mevcut elektronik devre parçaları fiziki olarak yerleştirilmiştir. Bu yerleşimlerde, ölçülerin doğruluğu ve elektronik devre elemanların doğru konumlandırılması için yapılmıştır. Her aşamada, doğruluğun saptanması için birden fazla kez yapılmıştır. Elektronik kılıf ölçüleri, genel olarak 1206 kodu üzerinden tasarlanmıştır. Elektronik devre ölçüleri anakart için, width (genişlik): 31mm ve height (uzunluk): 21mm dir. Motor sürücü devresi için, width: 20mm ve height: 24mm dir. Bu ölçüler, elektronik devrelerin ayakkabıya yerleşimlerin sağlanması için özellikle ufak ölçülerde olması ve smt elektronik devre elemanları kullanılması sağlanmıştır. Anakart pcb ve motor sürücü pcb bilgisayar ortamındaki çıktıları aşağıda yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.24, Görsel 3.25, Görsel 3.26 ve Görsel 3.27).



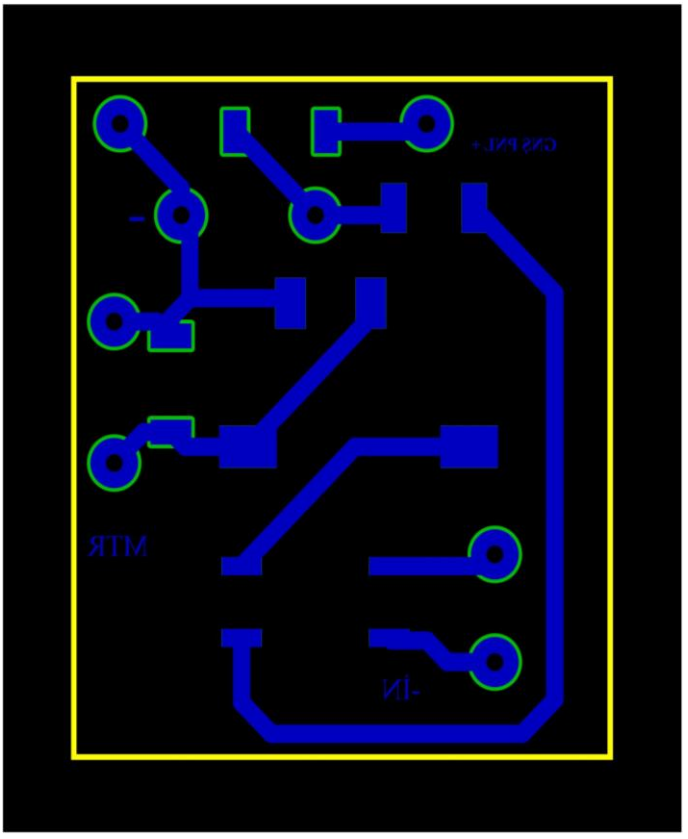
Görsel 3.24. Anakart elektronik devre elemanların kılıflı baskı çıktısı



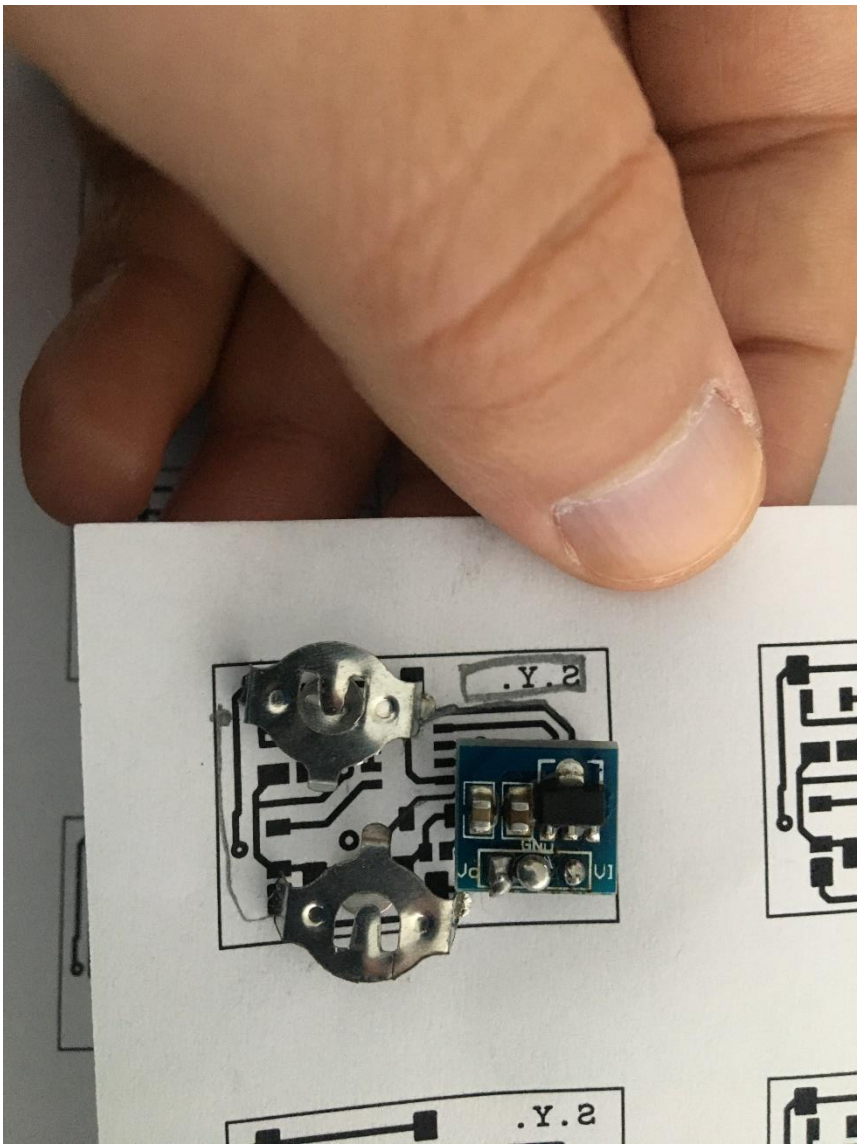
Görsel 3. 25. Anakart elektronik devre baskı çıktısı



Görsel 3. 26. Motor sürücü elektronik devre elemanların kılıflı baskı çıktısı



Görsel 3. 27. Motor sürücü elektronik devre baskı çıktısı



Görsel 3. 28. Elektronik devre elemanları baskı yerleşim testi

Baskı devrenin hazırlandıktan sonra, elektronik devre elamanları A4 kağıdında fiziki olarak yerleştirilmiştir. Bu işlemler birçok kez tekrarlanmıştır. Baskı devre ve pcb tasarım işlemleri tamamlandıktan sonra, lehimleme işleminde olacak hataları düzeltmek zordur. Bu sebeple, baskı A4 kağıdında devre elemanlarının önceden yerleşimleri incelenirse, olacak hataların düzeltilmesi kolaylaşacaktır (Bkz. Görsel 3.28).

3.2.4.2. Baskı devrenin bakır plakete aktarılması

Baskı devre çizim tasarımları tamamlandıktan sonra, bakır plakete (pcb) aktarımın sağlanacaktır. Bu işlem, 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar;

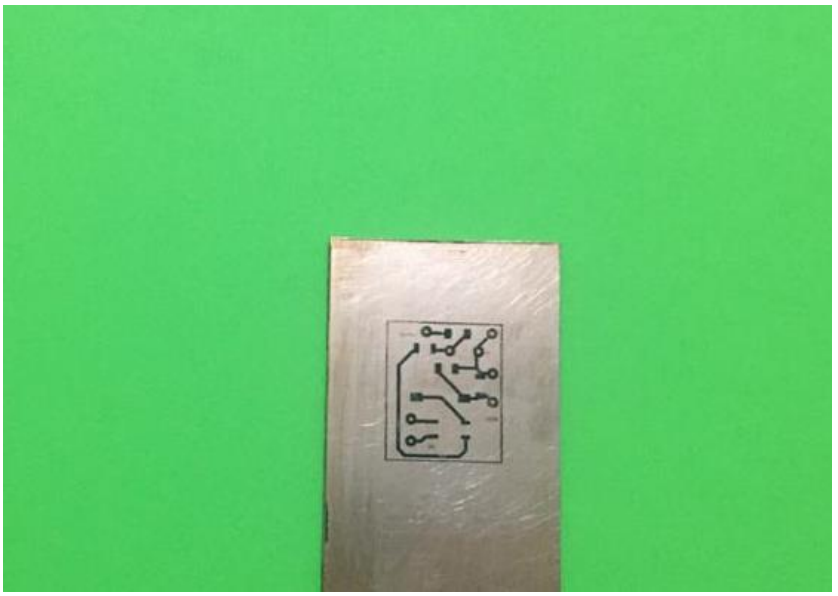
- Baskı devrenin kuşe kâğıda aktarılması.
- Kimyasal işlemler ile elektronik kartın hazırlanması.

Baskı devrenin kuşe kâğıda aktarılması.

Baskı devre, kuşe kağıdına lazer yazıcı ile basılmıştır. Bundaki amaç, baskı devre yollarının pcb 'ye aktarımının sağlanmasıdır. Kuşe kâğıda yazdırılan elektronik baskının, ısıl işleme maruz bırakılmasıyla iletim yolları plakete aktarımı sağlanmıştır. Isıl işlem, ütü yardımıyla yapılmıştır. Bu işlem, kâğıdın bakır plaket baskı devrenin olduğu yüzey gelecek şekilde sabitlenir. Ardından ütü sıcaklığının sağlanması için, önceden 5 dakika kadar çalıştırılır. Isınan alt kısımda bakır plaket kalacak şekilde kuşe kâğıdın üst kısmı yaklaşık olarak 2 ile 3 dakika kadar ütülenir. Kuşe kâğıdın üzerinde baskı devre yollarının kabardığı gözlemlenecektir. Bu işlemlerden sonra, bakır plaket su dolu kap içine alınarak üzerindeki kâğıt temizlenir. Bu işlemler, baskı devrenin doğru bir şekilde çıkması için birden fazla kez tekrarlanmıştır (Bkz. Görsel 3.29 ve Görsel 3.30).



Görsel 3. 29. Anakart elektronik baskı devre uygulama işlemi



Görsel 3. 30. Motor sürücü devre baskısının bakır plakete aktarımı

Kimyasal işlemler ile elektronik kartın hazırlanması

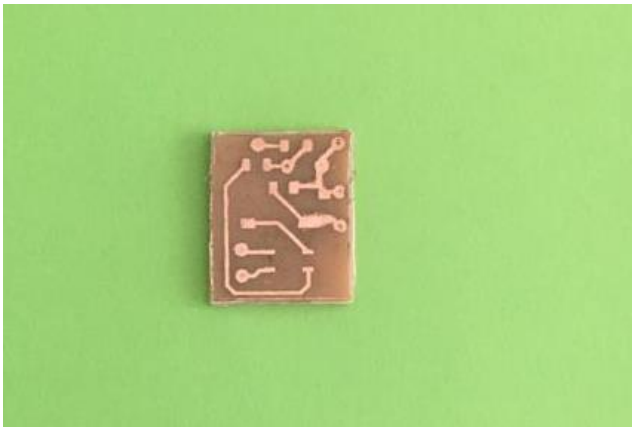
Baskı devre, bakır plakete aktarıldıktan sonra kimyasal işlem uygulanarak iletim yolları haricindeki bakır eritilmiştir. Bu eritme işlemi, perhidrol (H_2O_2) ve hidroklorik asit (HCl) karışımından yararlanılarak yapılmıştır. Kap içine, 1/4 oranında H_2O_2 ve 3/4 oranında HCl kullanılarak bakır plaket kabın içine alınmıştır. Bu işlemde, kontrolün hızlı bir şekilde sağlanması önemlidir. Aksi durumda, iletim yolları zarar görebilir. Kap içinde bakır plaket iletim yolları haricindeki bakırın tamamen eridiği gözlemlendiği andan itibaren, bakır plaket su dolu kaba alınır ve yaklaşık 1 dakika kadar su kabında bekletilir. Bakır plaketin (pcb) üzerindeki iletim yolları incelenir ve üzerindeki baskı yine aseton (C_3H_6O) yardımıyla çözülür ve devre yollar ortaya çıkarılır. Bu işlemde, mümkün mertebe baskı iletim yollarının zarar görmesini önüne geçilmelidir. Bu işlemler birden fazla gerçekleştirilmiştir (Bkz. Görsel 3.31, Görsel 3.32, Görsel 3.33 ve Görsel 3.34).



Görsel 3. 31. Bakır eritme için gerekli malzemeler



Görsel 3. 32. Motor sürücü devresi bakır yollarının hazırlanması



Görsel 3. 33. Motor sürücü elektronik kartı



Görsel 3. 34. Anakart elektronik devre kartı

3.2.4.3. Elektronik devre lehimleme işlemleri

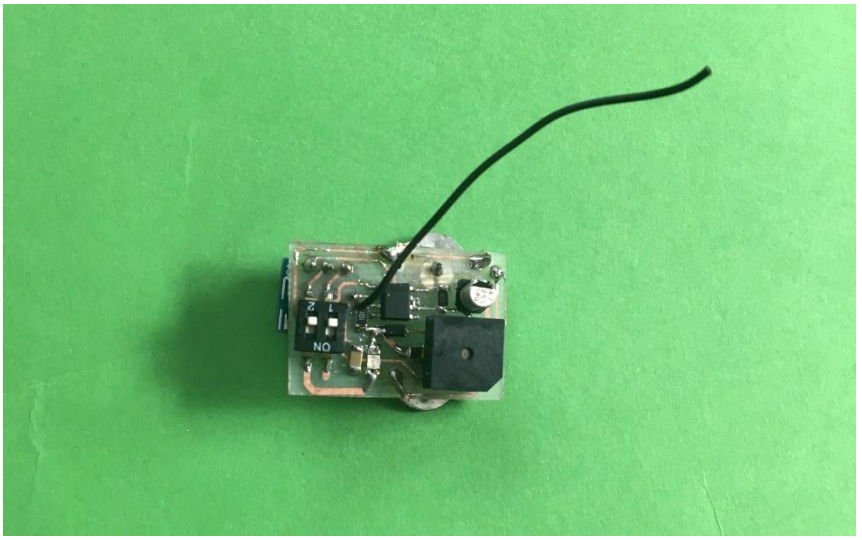
Elektronik kart (pcb) hazırlandıktan sonra, elektronik devre elemanların lehimleme işlemine geçilmiştir. Bu malzemeler, smt özellikli malzemeler olduğundan bakır yüzeye lehimleme yapılmıştır. Bu işlem için, lehim pastası 60w lehim makinesi ve diğer yardımcı malzemeler kullanılmıştır. Önceden lehim makinesinin, 5 ile 8 dakika kadar ısınması beklendi. Ardından lehimleme yapılacak noktalara lehim pastası sürülerek, lehimleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğuk lehim olmasının önüne geçilmelidir. Aksi durumda lehim tutmaz ve temas gerçekleşmediğinden devre tamamlanmaz. Entegrenin üst sol noktası veya işareti, entegrenin 1 numaralı bacağını temsil etmekte olup, buna göre yerleşimi yapılır. Polariteli kondansatörün işaretli kısmı negatif polaritedir. Bu bacak, devrenin toprak ucuna bağlıdır. Bu işlemlerde, elektronik devre elemanların yön ve bacak numaralarına dikkat edilmiştir. Örnek olarak motor sürücü devresi (Bkz. Görsel 3.35).



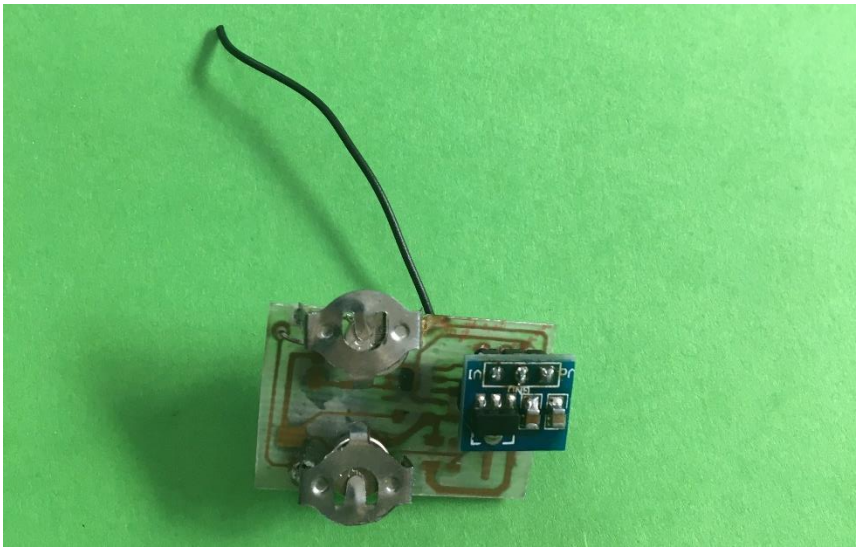
Görsel 3. 35. Motor sürücü elektronik kartı lehimleme işlemi

3.2.5. Elektronik devre görünüşleri ve testleri

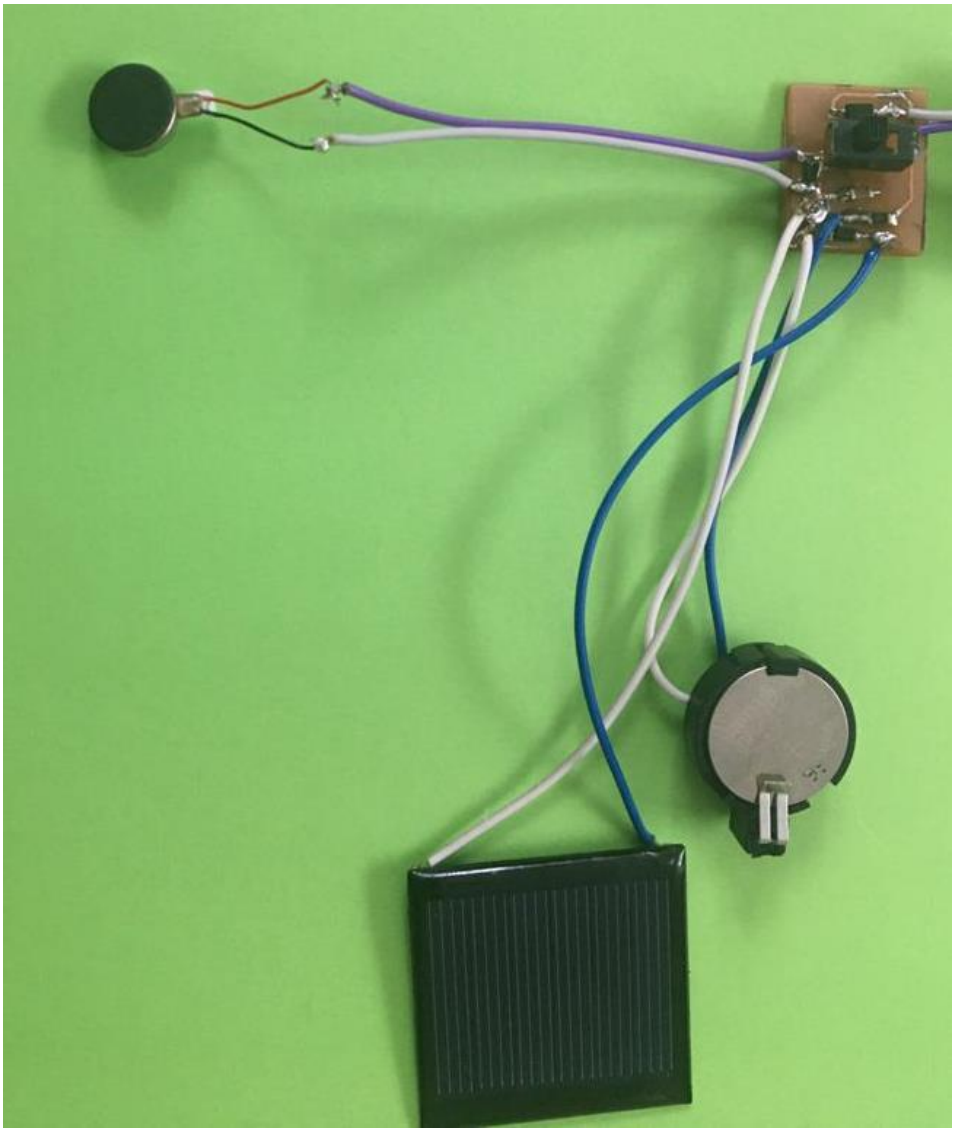
Tasarlanan elektronik devre kartları, lehimleme işlemlerinden sonra sırasıyla anakart üst görünüş, anakart arka görünüş ve motor sürücü devresi yer almaktadır. Bu işlemlerden sonra, elektronik kartların ayakkabıya montajı yapılmadan önce çalışma testinin yapılması önem arz eder (Bkz. Görsel 3.36, Görsel 3.37 ve Görsel 3.38).



Görsel 3. 36. Anakart elektronik devresi üstten görünüşü

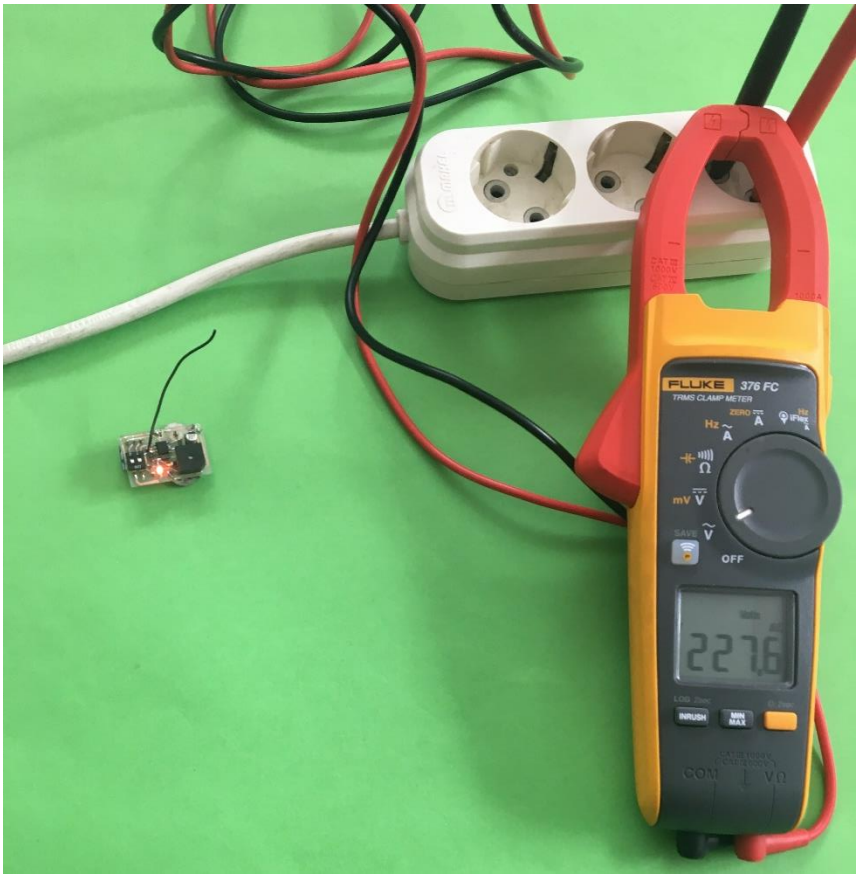


Görsel 3. 37. Arka Görünüşü

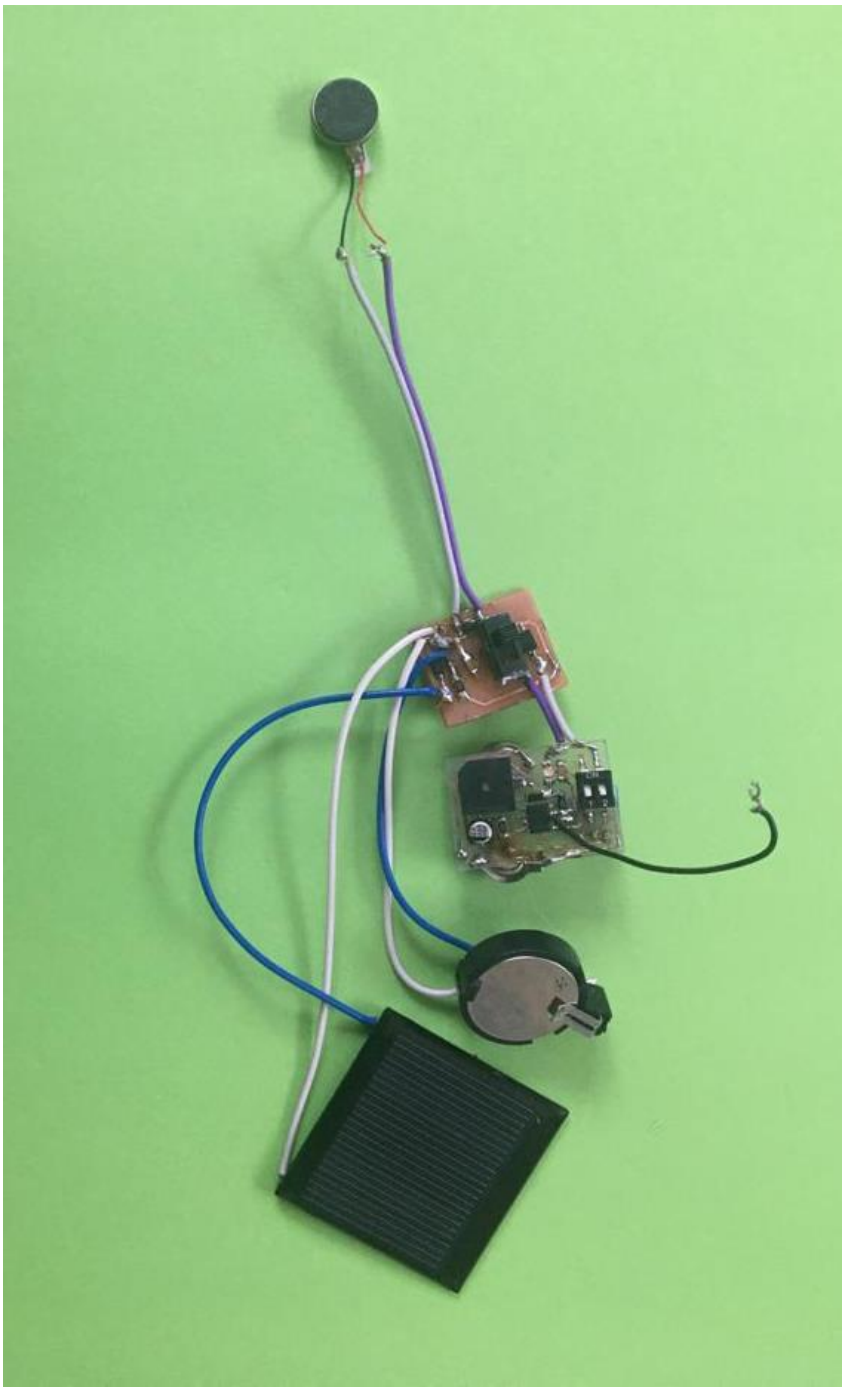


Görsel 3. 38. Motor sürücü elektronik devresi üst görünüşü

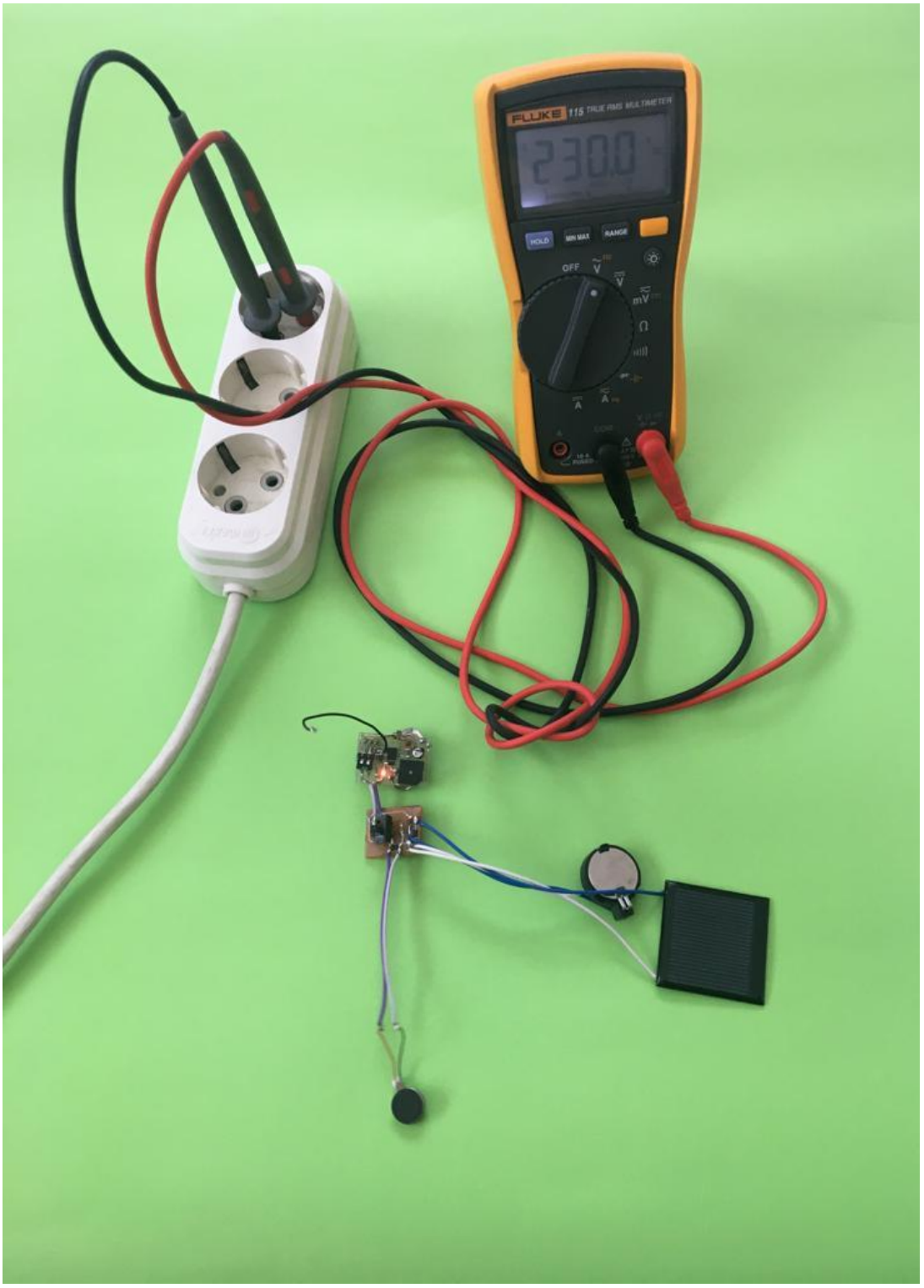
Anakart ve tüm elektronik devre çalışma testi, şehir şebeke geriliminden yapılmıştır. Bu gerilimi taşıyan iletken, ölçüm cihazı ile yaklaşık 227VAC olarak ölçülmüştür. Anakart elektronik devresi iletken ile fiziki temas sağlamadan çıkış sinyalleri alınmıştır. Bu işlemlerden sonra elektronik anakart, motor sürücü elektronik kart, güneş paneli ve motor bitmiş hali görselleri yer almaktadır (Bkz. Görsel 3.39, Görsel 3.40 ve Görsel 3.41).



Görsel 3. 39. Anakart elektronik devresinin şehir şebekesindeki testi



Görsel 3. 40. Tüm elektronik devre görünüşü



Görsel 3. 41. Tüm elektronik devrenin şehir şebekesindeki testi

3.2.6. Elektronik devre tasarımlarının, iş ayakkabısına montajının ve testlerinin gerçekleştirilmesi

Bu aşamada tasarlanan elektronik devre ve yardımcı malzemeler, ayakkabıya montajı başarıyla gerçekleştirilmiştir. Trg sinyalinin alınması için, ayakkabın alt tabanı ve taban yanlarına 0,6mm çapında bakır iletken ile sarıldı. Bu sayede, olası trg sinyallerin entegreye aktarımı sağanmış olacaktır. Ayakkabının, alt taban ve yan yüzünde yerleştirilmiş olan bakır iletkenin üzeri silikon malzemeye ile kapatılmıştır (Bkz. Görsel 3.42, Görsel 3.43 ve Görsel 3.44).

Anakart elektronik devresi, motor sürücü devresi, dc motor ve güneş paneli ayakkabının üst kısmına yerleştirilmiştir. Dc motor, ayakkabının dil kısmının alt bölümüne yerleştirilmiştir. Bu noktada, motorun titreşim sinyallerin çalışanın ayak üst kısmında rahat alınmasına olanak sağlamış olacaktır. Sistemde yer almakta olan pillerin değişimlerinin rahat yapılması için mini fermuarlı cep tasarlanmıştır. Bu cep, 10cm uzunluğunda 2,5cm genişliğinde bir cep olup, 3 taraf boydan boya fermuarlıdır. Bu sayede, pil değişimleri ve arıza müdahale gibi işlemler yapılabilir. Bu sistem, ayakkabıdan ayrılabilir özelliği sayesinde el ile, elektrik sızıntı veya varlığında kontrol amaçlı kullanılabilir. Güneş paneli, anakart elektronik devresi ve motor sürücü devresinin yanına konumlandırılmıştır. Ayakkabın üst kısmında olmasıyla, güneş ışınlarından daha fazla yararlanması sağlanmıştır.

Adım gerilim işareti, ayakkabın maskaret kısmına yerleştirilmiştir. Adımlar arası mesafe topuk ve ayakkabın ön işaret kısmına denk gelecek şekilde işaretlenmiştir. Bu işlemlerden sonra, iş ayakkabısı şehir şebekesinde test edilmiştir. Şehir şebekesi 50 Hz frekans ve yaklaşık olarak 230VAC gerilim değerindedir (Bkz. Görsel 3.45, Görsel 3.46, Görsel 3.47, Görsel 3.48, Görsel 3.49, Görsel 3.50, Görsel 3.51 ve Görsel 3.52).



Görsel 3. 42. Anten çapı



Görsel 3. 43. İş ayakkabısı alt taban anten yerleşimi



Görsel 3. 44. Anten yerleşimi



Görsel 3. 45. Açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı tasarımı ve prototipi



Görsel 3. 46. Prototipin yandan görünüşü



Görsel 3. 47. Prototipin şehir şebekesinde testi



Görsel 3. 48. Dc motor konumu



Görsel 3. 49. El ile kontrol için sök tak sistem görünüşü



Görsel 3. 50. Fermuarlı cep iç kısım görünüşü



Görsel 3. 51. El ile kontrol için sök tak sistemi şehir şebekesinde testi



Görsel 3. 52. El ile kontrol sök ve tak sistemi

4. BÖLÜM

4.1. Sonuç

Çalışanlara, İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında, güvenli ve kullanışlı koruyucu donanım geliştirilmesine yönelik prototip geliştirilmiştir. Amaç çalışanların farkında olmadan çalışma ortamda var olan alternatif gerilim ve/veya kaçaklarına yönelik uyarmaktır. Elektrik iş kazalarının azaltılması, hatta sıfırlanmasına yönelik prototip yardımcı işlev gösterir. Böylece çalışanın daha dikkatli ve güvenli çalışmasına yardımcı olur. Bu tür koruyucu donanımların kullanılması, çalışanların var olabilecek tehlikeler hakkında bilgilendirilmesi ve eğitilmesine olanak sağlar. Literatür araştırmasında tespiti yapılabilen çalışmalara bakıldığında, prototipin 2 önemli özelliği ön plana çıkabilmektedir. Bunlar sesli ve ışıklı uyarılarının yanı sıra titreşim özelliğinin olmasıdır. Bu özellik sayesinde kullanıcı olası ses parazitlerinden dolayı titreşim sayesinde kullanıcının ayak üst kısmına titreşim sinyali göndererek uyarır. Bir diğer özelliği, kullanılan güneş paneli sayesinde güç kayıplarının azaltılmasıdır. Sök ve tak sistemi sayesinde, el ile kontrollerde rahatlıkla kullanımı sağlanabilmekledir. Çalışma esnasında sistemin çalışan tarafından rahat görülebilmesi ve sinyal anteninin ayakkabı alt ve yan taban yüzeylerinde sarılmasıyla algılama hassasiyetin sağlanması ve sistem boyutlarının minimum düzeyde olması, iş kıyafetlerinde taşınmasını ve kullanılmasını kolaylaştırması gibi özelliklere sahiptir. Dezavantajları bakımından; beton kırıcı delici gibi yüksek titreşim kaynağı olan iş ekipmanlarında titreşim uyarıların alınması güçleşir. Bu durumda prototipe takılabilecek kulaklık sayesinde ses sinyalleri doğrudan kullanıcıya aktarılabilir. Güneş ışığının yetersiz olması veya olmaması, güneş panelinin yeterince enerji sağlamasını engelleyebilir. Bu nedenle ayakkabı iç tabanında basınca duyarlı malzeme kullanılarak piezoelektrik sağlanabilir. Bu donanım, tüm iş gruplarında da kullanılabilir. Üretilen prototipin bir özelliği de geliştirilebilir olmasıdır. Diğer kişisel koruyucu donanımları ile veri iletişimi sağlanabilir. Üzerindeki elektronik kartın giyilebilir özellikte olması, iş yelekleri gibi iş kıyafetlerinde kullanılabilmesine imkân verebilmektedir. Bu durumda kullanıcı, ekstra elektrik kaçak tespit cihazı kullanmasına gerektirmeyecektir.

KAYNAKÇA

Aydin, M. S. (2018). Elektrikle ilgili çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü) https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/224405

Busch, C. (2018). Heinrich's Local Rationality: Shouldn't 'New View' Thinkers Ask Why Things Made Sense To Him?. MSc Thesis, Division of Risk Management and Societal Safety, Lund University. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) lup.lub.lu.se/student-papers/record/8975267

Cawley, J. C., & Homce, G. T. (2003). Occupational electrical injuries in the United States, 1992–1998, and recommendations for safety research. Journal of Safety Research, 34(3), 241-248. doi:10.1016/S00224375(03)00028-8

Dyszel, M. J. (2018). U.S. Patent No. 9,939,468. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US9939468B1/en

Gözüak, M. H., & Ceylan, H. (2021). Türkiye'de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği bağlamında analizi: Güncel eğilimlere genel bir bakış. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 8(2), 133-143.

Gül, Ö. F., Özçoban, N. O., & Aydoğan, F. (2021). Türkiye'deki İş Kazaları ile İlgili Verilerin Karşılaştırması, Varolan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Turkey Health Literacy Journal, 2(1), 51-63.

Güllüoğlu, E. N., & Güllüoğlu, A. N. (2019). Türkiye İnşaat Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi. Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 3(2), 65-81.https://doi.org/10.33720/kisgd.622008

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). Fundamentals of Physics, 9th Edition. New York: John Wiley and Sons International Rights, Inc.

Heinrich, H. W. (1941). Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach. Second Edition, McGraw-Hill Book Company.

Hoffman, MR (2016). ABD Patenti No. 9,265,331 . Washington, DC: ABD Patent ve Ticari Marka Ofisi. https://patents.google.com/patent/US9265331B1/en

Jones, R. K. (2008). U.S. Patent Application No. 11/484,489. https://patents.google.com/patent/US20080024265A1/en

Jorgensen, K. (2011). Concepts of Accident Analysis. In: Encyclopaedia of Occupational Health & Safety (Part VIII Accidents and Safety Management, Chapter 56 [J. Saari Eds.] Accident Prevention) International Labour Organization (ILO) www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accidentprevention/item/893-concepts-of-accident-analysis (Erişim Tarihi: 20/09/2021)

Kim, J. Y., Kim, T. Y., Yoo, J. S., Yoon, S. J., Jeong, H. S., & Choi, M. H. (2007). Güney Kore Patent No: KR1020070101939A patents.google.com/patent/KR20090036732A/

Korkmaz, A. V. Yapı işleri saha uygulamalarının iş güvenliği risklerinin değerlendirilmesi ve önleyici kontrol metodu uygulaması. Afet ve Risk Dergisi, 2(1), 20-31. https://doi.org/10.35341/afet.496079

Lebedev, G., Zakharov, S., Zakharenko, S., Sytnik, V., & Zakharova, R. (2021). Influence of individual psychophysical characteristics of the worker on electrical accidents. In E3S Web of Conferences (Vol. 315, p. 02010). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131502010

Lovrencic, V., & Gomišcek, B. (2014, May). Live working as an example of electrical installation maintenance with the zero accidents philosophy. In: 11th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM) (pp. 18). IEEE. doi:10.1109/ICOLIM.2014.6934344

McNulty, W. J. (2001). U.S. Patent No. 6,329,924. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US6329924B1/en

McNulty, WJ, Buchanan, JS, Garner, MS ve Standiford, MZ (2020). ABD Patenti No. 10,802,065 . Washington, DC: ABD Patent ve Ticari Marka Ofisi. https://patents.google.com/patent/US10802065B2/en

Occupational Health & Safety (Part VIII Accidents and Safety Management, Chapter 56 [J. Saari Eds.] Accident Prevention) International Labour Organization (ILO) www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/item/903-principles-of-prevention-safetyinformation (Erişim Tarihi: 20/09/2021)

Ojeda, L., & Bozich, J. M. (2011). U.S. Patent Application No. 12/732,832. https://patents.google.com/patent/US20110234414A1/en

Oyler, A. (1990). Electrical accidents in mining (1980-85) (No. IC-9259). Bureau of Mines, Pittsburgh, PA (USA). https://www.osti.gov/biblio/6411425

Parise, G., Martirano, L., Parise, L., Celozzi, S., & Araneo, R. (2015). Simplified conservative testing method of touch and step voltages by multiple auxiliary electrodes at reduced distance. IEEE Transactions on Industry Applications, 51(6), 4987-4993. doi:10.1109/TIA.2015.2424867

Prasad, D., & Sharma, H. C. (2011). Significance of Step and Touch Voltages. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 1(5), 193-197.

Puthillath, B., Marath, B., & Ayappan, B. C. (2021). Analyzing the cause of human electrical accidents using Swiss Cheese model. Vilakshan-XIMB Journal of Management. https://doi.org/10.1108/XJM-01-2021-0004

Rachakonda, N., Vitucci, A., Shaik, M. R., & Rahman, A. (2018). U.S. Patent No. 10,006,953. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US10006953B2/en

Reason, J. (2016). Managing The Risks of Organizational Accidents. New York: An Ashgate Book, Routledge.

Veiersted, K. B., Goffeng, L. O., Moian, R., Remo, E., Solli, A., & Erikssen, J. (2003). Acute and chronic injuries after electrical accidents. Tidsskrift for den Norske laegeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke, 123(17), 2453-2456.

https://europepmc.org/article/med/14593890

Wiswell, D. C., Peterson, M. P., & Sun, J. (2008). U.S. Patent No. 7,449,892. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US7449892B2/en

URL1 (2021). Türk Dil Kurumu.). sozluk.gov.tr (Erişim Tarihi: 20/09/2021)

URL2 (2010). Theme-6 Accident Causation: Models and Theories http://www.hrdp-idrm.in/e5783/e17327/e24075/e27357/ (Erişim Tarihi: 01.12.2021)

URL3 (2021). About E&S Grounding Solutions. https://esgrounding.com/step-and-touch.html (Erişim Tarihi: 01.12.2021)

URL4 (2018). Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı İş Güveniği ve Sağlığı İdaresi. https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy11_sh-22312-11_StepPotentialQuickCard.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2021)

URL5 (2020). Vikipedi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%BCzey_montaj_teknolojisi (Erişim Tarihi: 01.12.2021)

URL6 (2006). Texas Instruments. pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/161279/TI/NE555.html (Erişim Tarihi: 20/09/2021)

URL7 (2021) HES Enerji Kabloları, Çok Damarlı Bakır İletken Kabloları. www.hes.com.tr/assets/doc/Enerji_Katalog.pdf (Erişim Tarihi: 20/09/2021)

EKLER

EK-1

1 Adet Cd (Prototip test videoları)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	**Savaş Yoldaş**
Doğum Yeri ve Yılı	**Hakkari 1980**
E-Posta	**Savas.yoldas@hotmail.com**
Yabancı Dil	**İngilizce**

Eğitim	
Lisans	2004, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yayın Listesi	
Makale	Yoldaş, S., Gök, K. & Selçuk, A. B. (2021). Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti İçin İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi. Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation , 8 (3) , 383-390 . Retrieved from http://dergipark.org.tr/tr/pub/gujsa/issue/65162/983235