



**ARAÇ TESİSATLARINDA FLRY KABLO
KESİTLERİNİN TESPİTİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Seher KAPLAN

Kütahya - 2022

T.C.
KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**ARAÇ TESİSATLARINDA FLRY KABLO
KESİTLERİNİN TESPİTİ**

Danışman:
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan GÜN

Hazırlayan:
Seher KAPLAN

Kütahya - 2022

Kabul ve Onay

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi	İmza	
	Kabul	Red
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan GÜN (Danışman)		
Doç. Dr. Burhanettin DURMUŞ		
Doç. Dr Asım Gökhan YETGİN		

Onay

Prof. Dr. Şahmurat ARIK

Enstitü Müdürü

Bilimsel Etik Bildirimi

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “Araç Tesisatlarında Flry Kablo Kesitlerinin Tespiti” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

.../.../2022

Seher KAPLAN

Özgeçmiş

İlköğretim, lise eğitimini memleketi Antalya'da tamamlayıp, üniversite eğitiminde çift anadal programıyla mezun olmuştur. Dumlupınar Üniversitesi 2016 yılında bilgisayar mühendisliğinden, 2017 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisliği'nden mezun olduktan sonra kariyerini Kütahya'da devam ettirerek 4 yıldır meslek hayatında görev yapmaktadır.

Bu tez çalışması meslek hayatına bakışını değiştirerek, kendini geliştirmekte katkıda bulunmuştur.



ÖZET

ARAÇ TESİSATLARINDA FLRY KABLO KESİTLERİNİN TESPİTİ

KAPLAN, Seher

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayhan GÜN

Ocak, 2022, 72 sayfa

Otomotiv sektörü ve teknolojisi günümüzde her geçen gün büyüyen bir dünyadır. Büyüyen bu dünyaya, kablo demetleri üreten işletmelerde kalite kontrol aşamasında hata payını azaltmak için tez araştırması yapılmıştır. Otomotiv sektöründe kullanılan Flry tipteki kabloların kesitlerinin tespiti yapılması araştırılan tezde; tesisatlarda kullanılan ana malzeme kablonun, projenin istediği kablo kesitinin kullanılıp kullanılmaması en önemli kalite kontrol faktörlerinden biridir.

Yanlış veya hatalı kablo kesitinin kullanılması durumunda tesisatta ortaya çıkacak hataların önüne geçilmesi için, kablo kesitlerinin iletkenlik direnci alabileceği maximum gerilim değerleri göz önünde bulundurularak, numune olarak seçilen kablonun, alabileceği değerle kıyaslaması, kablo kesitinin doğru kullanılıp kullanılmadığına karar verilme çalışması yapılmıştır .

Yapılan çalışmada, hatalı kesimi gerçekleştiren kablonun direnç farkından kaynaklanan gerilim düşümünün öne çıkmasıyla fark tespiti yapılarak kablonun doğruluğu kıyaslanmıştır. Farklı kesitteki kablonun gerilimi numune olarak seçilen kablonun geriliminden farklı olduğu tespit edilerek o kablonun hatalı olduğu tespiti sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri, Kablo, Kalite, Kalıp, Kesit, Numune, Otomotiv, Ölçüm,

Sanayi, Terminal, Test

ABSTRACT**DETECTION OF FLRY CABLE-CROSS SECTION IN VEHICLE
INSTALLATIONS****KAPLAN, Seher****Master Thesis, Department of Electrical and Electronics Engineering****Supervisor: Asst. Prof. Ayhan GÜN****January, 2022, 72 pages**

Automotive industry and technology is a world that is growing day by day. In order to reduce the margin of error as a quality control stage in companies, which produces cable bundles for this growing world, a thesis research has been carried out. Determining the cross-sections of Flry-B type cables used in the Automotive sector is the most important quality control is one of the factors.

In order to prevent errors that may arise in the installation in case of using the wrong or faulty cable cross-section, it will be decided whether the cable cross-section is used correctly or not by comparing the cable selected as a sample with the value it can take, taking into account the maximum values that the cable cross-sections can have conductivity resistance.

In the study, the voltage drop due to the resistance difference of the wrongly cut cable comes to the fore, and the difference is determined and the cable is compared correctly.

Keywords: Automotive, Cable, Industry, Industry, Measurement, , Mould, Quality, Sample, Section, Terminal, Test

ÖNSÖZ

Yüksek lisans döneminde aldığım eğitimim ve tez çalışması boyunca kıymetli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her konuda bilgisini benimle paylaşarak destek veren, araştırma konusunun tespitinden yazılmasına kadar her basamağında yardımlarını esirgemeyen, bilgisiyle beni yönlendiren değerli akademik danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayhan GÜN'e teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YENİ ÜRÜN (NUMUNE) DEVREYE ALMA

1.1. ÜRÜN DEVREYE ALMA PROSEDÜRÜ	6
1.1.1. Prosedür Detayı	6
1.2. PROSES TASARIMI VE GELİŞTİRME.....	7
1.3 TESİSAT İMALAT VE KONTROL SÜRECİ AKIŞ ŞEMASI	11
1.3.1. Kablonun Kesim İşleminin Yapılması	14
1.3.2. Kesim Makinası Kullanımı	16

İKİNCİ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ ARAÇLARIN İÇ YAPISI

2.1. ARAÇLARDA ELEKTRİK SİSTEMİYLE ÇALIŞAN TEMEL SİSTEMLER.....	19
---	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ELEKTRİK KABLOSU

3.1. ELEKTRİK KABLOSU NEDİR?	21
3.1.1. Kablolar Hakkında Genel Bilgi	21
3.1.1.1. Kabloların Sınıflandırılması	22
3.1.1.1.1. F-Kablolar	22
3.1.1.1.2. N-Kablolar	22
3.1.1.1.3. Y-Kablolar	23
3.2. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KABLOLAR	24
3.2.1. Kablo Tiplerinde Kısaltmaların Yapısı	24
3.2.2. FLRY-B Kablo	25

3.3. KABLO KESİTLERİNİN AWG CİNSİNDEN MM²YE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ.....	26
3.4. KABLO KESİTİ VE AKIM TAŞIMA MALİYET UNSURLARI.....	26
3.5. İLETKEN DİRENCİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	27
3.5.1. Tanımlamalar.....	27
3.6. KABLOLARDA KULLANILAN BAŞLICA İLETKEN TÜRLERİ.....	28
3.7. KABLO İLETKENLİK DİRENCİ HESABI.....	28
3.7.1. Milliohm metre RESISTOMAT® Model 2316	30
3.7.2. 0.5 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	32
3.7.3. 0.75 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	32
3.7.4. 1 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	33
3.7.5. 2 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	33
3.7.6. 3 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	33
3.7.7. 4 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	34
3.7.8. 6 mm ² Kesitli Kablo için Test Sonuçları.....	34
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
KABLO KESİT ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ	
4.1. ADVANTECH USB-4716 KARTI NEDİR?	36
4.1.1. Kart Dizaynı	37
4.1.2. Tek Uçlu Giriş Kanalı Bağlantısı	38
4.1.3. Diferansiyel Giriş Bağlantıları	38
4.1.4. Analog Çıkış Bağlantıları.....	39
4.2. NUMUNE TEST KONTROLÜ	39
4.2.1. Ölçülen Değerler	40
4.2.1.1. 0.5 mm ² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı	40
4.2.1.2. 0.75 mm ² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı	42
4.2.1.3. 2 mm ² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı	44
4.2.1.4. 6 mm ² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı	45
4.2.2. Kablolar Üzerindeki Gerilimin Multimetre İle Ölçülmesi.....	48
SONUÇ.....	69
KAYNAKÇA	70
DİZİN	72

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1: Kablo Bilgileri Tablosu	10
Tablo 1.2: 2021 Yılı Kablo Hurdalarının Bölümlere Göre Miktarı Örnek	13
Tablo 3.1: Kablo Kesitlerinin Awg Cinsinden mm ² 'ye Dönüştürülmesi.....	26
Tablo 3.2: Bakır Kablo İletkenlik Direnci Ölçüm Tablosu.....	29
Tablo 3.3: 0.5 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	32
Tablo 3.4: 0.75 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	32
Tablo 3.5: 1 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	33
Tablo 3.6: 2 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	33
Tablo 3.7: 3 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	33
Tablo 3.8: 4 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	34
Tablo 3.9: 6 mm ² Kablo İçin Değer ve Toleranslar	34
Tablo 4.1: Numune Test Kontrolünde Ölçülen Değerler	40
Tablo 4.2: 0.5 mm ² ve 0.75 mm ² Kablonu Değerlerinin Kıyaslanması	48
Tablo 4.3: Kablo Kesit Bilgileri.....	53
Tablo 4.4: 1.25 mm ² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716 'da Okunan Gerilim	61
Tablo 4.5: 2.5 mm ² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716'da Okunan Gerilim	62
Tablo 4.6: 3 mm ² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716 'da Okunan Gerilim	63
Tablo 4.7: 4 mm ² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716'da Okunan Gerilim	65
Tablo 4.8: Numune Olarak Seçilen Kablo Değerlerinin Kıyaslanması	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Tasarım Çalışmalarının Yürütüldüğü Projeler İçin İleri Ürün Kalite Planlaması Zaman Diyagramı	6
Şekil 1.2: Örnek Teknik Resim	9
Şekil 1.3: Proje Takip Çizelgesi	10
Şekil 1.4: Proses Akış 1-a.....	11
Şekil 1.5: Proses Akış 1-b.....	12
Şekil 1.6: İşaretler Tablosu	12
Şekil 1.7: Hazırlanmış Kablo Demeti (Tesisat) Örneği.....	13
Şekil 1.8: Etiket Örneği	14
Şekil 1.9: Komax Alpha 530 Kablo Kesim Cihazı.....	15
Şekil 1.10: Otomasyonun Kullanımı	15
Şekil 1.11: Kablo Kesit Alanı Giriş Ekranı	16
Şekil 2.1: Otomotiv Sektöründeki Araçların İç Yapısı.....	18
Şekil 3.1: Elektrik Kablosu.....	21
Şekil 3.2: Otomotiv Sektöründe Kullanılan Kablolar	24
Şekil 3.3: Kablo Birimleri.....	28
Şekil 3.4: Kablo İletkenlik Direncinin Hesaplanmasında Kullanılan Formül.....	29
Şekil 3.5: Resistor 2316 Kurulum Düzeneği	31
Şekil 3.6: Cihaz Resistor 2316 'nın Menu ve Lcd Ekran Görünümü	31
Şekil 4.1: Test Ortamı.....	36
Şekil 4.2: Usb-4716 Kart Yapısı.....	37
Şekil 4.3: Tek Uçlu Kanal Bağlantısı	38
Şekil 4.4: Diferansiyel Giriş Bağlantıları	38
Şekil 4.5: Analog Çıkış Bağlantıları.....	39
Şekil 4.6: 0.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	40
Şekil 4.7: 0.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	41
Şekil 4.8: 0.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 3 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	41

Şekil 4.9: 0.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 4 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	41
Şekil 4.10: 0.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	42
Şekil 4.11: 0.75 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	42
Şekil 4.12: 0.75 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	43
Şekil 4.13: 0.75 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 3 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	43
Şekil 4.14: 0.75 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 4 Volt Gerilimin Test Edilmesi	43
Şekil 4.15: 0.75 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi	44
Şekil 4.16: 2 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	44
Şekil 4.17: 2 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	44
Şekil 4.18: 6 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	45
Şekil 4.19: 2 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	45
Şekil 4.20: 6 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	45
Şekil 4.21: 0.5 mm ² Kablo Gerilim Kaynağından 1 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama.....	46
Şekil 4.22: 0.75 mm ² Kablo Gerilim Kaynağından 1 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama.....	46
Şekil 4.23: 0.5 mm ² Kablo Gerilim Kaynağından 5 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama.....	46
Şekil 4.24: 0.75 mm ² Kablo Gerilim Kaynağından 5 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama.....	47
Şekil 4.25: Test Ortamının Devre Şeması	47
Şekil 4.26: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-1	49

Şekil 4.27: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-2	49
Şekil 4.28: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-3	49
Şekil 4.29: Çok Telli Bakır İletken Flıry Kablo	50
Şekil 4.30: Ölçüm Noktaları	51
Şekil 4.31: Numune Kabloları Beslemeden Güç Verilince Ölçüm Alınan Ortam	54
Şekil 4.32: Program Akış Diyagramı	55
Şekil 4.33: Program Form Arayüzü.....	55
Şekil 4.34: 1.25 mm ² , 2.5 mm ² , 3 mm ² ve 4 mm ² Kabloların Test Ortamı	59
Şekil 4.35: 1.25 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	60
Şekil 4.36: 2.5 Volt Giriş Verilince 1.25 mm ² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim	60
Şekil 4.37: 2.5 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	61
Şekil 4.38: 2.5 Volt Giriş Verilince 2.5 mm ² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim	61
Şekil 4.39: 3 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	62
Şekil 4.40: 2.5 Volt Giriş Verilince 3 mm ² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim	63
Şekil 4.41: 4 mm ² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi.....	64
Şekil 4.42: 2.5 Volt Giriş Verilince 4 mm ² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim	64
Şekil 4.43: 1.25 mm ² Kesitindeki Kablo	65
Şekil 4.44: 2.5 mm ² Kesitindeki Kablo	65
Şekil 4.45: 3 mm ² Kesitindeki Kablo	65
Şekil 4.46: 4 mm ² Kesitindeki Kablo	66
Şekil 4.47: İşletme Kablo Hazırlama Bölümü.....	67
Şekil 4.48: Otomotiv Tesisatı Örneği	67

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

APQP	Advanced Product Quality Planning (İleri Ürün Kalite Planlaması)
B	Alüminyum Folyo
D	Bakır Tel Kaplama
F	Yassı Kablo
FL	Alçak Gerilim Taşıt Kablosu
FMEA	Failure Mode Effect Analyse (Hata Türü ve Etkileri Analizi)
FZL	Yüksek Gerilim Taşıt Kablosu
K	PVC Polivinilklorur
MRP	Material Requirement Planning (Malzeme İhtiyaç Planlaması)
MSA	Measurement System Analyse (Ölçüm Sistemleri Analizi)
OPT	Operatör Proses Talimatı
PPAP	Production Part Approval Process (Üretim Parçası Onay Prosesi)
PSW	Part Submission Warrant (Parça Sunum Garantisi)
R	Et Kalınlığı İnceltilmiş Yalıtkanlık
Y	PVC Polivinilklorur
Z	Çok Damarlı Kablo



TEZ METNİ

GİRİŞ

Otomotiv sektörü diğer gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de ekonominin büyük gücüdür. Otomotiv sektörü diğer sektörlerle demir-çelik, petro-kimya, metal, kumaş-tekstil, cam ve elektrik-elektronik gibi sektörlerle etkileşim içindedir. Bu sayede iş alanı yaratması dışında büyük bir ihracat gücüne de sahiptir.

Aynı zamanda otomotiv sektörü Türkiye'ye sağladığı teknoloji kullanımı sayesinde teknolojik gelişmede de etken rol almıştır. Ayrıca vergi gelirleri sayesinde de Türkiye bütçesine önemli katkıda bulunmuştur. Birçok sektörle (hemen hemen tüm sektörler) bağlantılı olan otomotiv teknolojisinin ilerlemesi Türk ekonomisine katkı sağlamakta etken rol almaktadır.

Motorlu karayolu araçları, yanmalı motor kullanarak, yük veya yolcu taşımak ve karayolu trafiğinde kullanılmak üzere belirli teknik mevzuata göre üretilmiş bulunan dört veya daha fazla lastik tekerlekli taşıt araçlarıdır. Bu araçları üreten sanayiye “Ana Sanayi” denir. Otomotiv “Yan Sanayi” ise hem taşıt araçları üretiminde faaliyet gösteren firmalara hem de parktaki araçların parça yenileme (yedek parça) ana sanayi tarafından belirlenen teknik dokümanlara uygun aksam, parça, modül ve sistem üreten sanayi koludur. Otomotiv sanayi ana sanayi ve yan sanayi tümünü kapsamaktadır.

Otomotiv sanayi, tüm gelişmiş ülkelerde ekonominin zincirleme ilerleyen sektörlerinden biridir. Sektörün ekonomideki öneminin sebebi, ekonominin diğer sektörleri ile olan bağlantısıdır. Otomotiv sanayi, diğer sanayi dallarının ve bu sektörlerdeki teknolojik ilerlemenin de kilit noktasıdır. Turizmden tarıma hemen hemen tüm sektörler otomotiv sektör ürünleri ile sağlanmaktadır. Bu nedenle otomotivdeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir (Kahraman, 1998).

Otomotiv sanayi, bazı temel niteliklere sahiptir:

- Motorlu taşıt aracı; özelliği, malzeme içeriği, prosesi, teknolojisi ve üretim yeri farklı olan 8 bin dolayında parçanın, ortak kalite yönetimi ve verimlilik anlayışı ile üretimi ve bir araya getirilmesi ile ortaya çıkmaktadır (Kahraman, 1998).
- Piyasadaki artan rekabet nedeni ile müşteri memnuniyeti, müşterinin isteği doğrultusunda teknolojik gelişme ile sağlanmaktadır. Müşterinin isteğine bağlı ihale araçları uygulanmakta, bu ihalelerin tasarımı her müşteriye göre de değişebilmektedir.

2020 ve 2021 yılında pandemi dolayısıyla hammadde konusunda en çok etkilenen sektörlerden biri otomotiv sektörüdür. Hammadde olmadığı için ya da yurt dışından gelecek olan hammaddeler salgından dolayı zamanında ulaşmadığı için öncelikle otomotiv yan sanayisi işletmelerin üretimini geciktirmekte ve zamanında teslim edilemeyen ürünler, ana sanayinin de hattını durdurmasına sebep olmuştur.

Otomotiv sanayi, Avrupa’da ortaya çıkmış, ABD’de gelişmiştir. Otomotiv sanayi etken olarak otomobil üretimi ile başlamıştır. I. Dünya Savaşı’nın olduğu yıllarda otomotiv sanayi sektörü ticari araç üretiminde kullanılmıştır. Sektör çoğunluk olarak otomobil üretimi ile sürekli yenilene bir gelişim göstermiştir.

1769 yılında, buhar gücü ile çalışan üç tekerlekli araç Fransız Yüzbaşı Nicholas Joseph Cugnot tarafından üretilmiştir. Bu araç saatte 3-4 saat hızı düşük ve işlevsizdir. İçten yanmalı motor sistemi daha sonra gelişmiştir. Otomotiv sanayinin gidişatını değiştiren ise Henry Ford’un geliştirmek için çalıştığı “kütlesel üretim” sistemidir. Bu sistemi düşük maliyetle kurmuştur.

Dünya motorlu araç üretimi çoğunluk olarak ABD’de ortaya konulmuştur. Savaşın ardından Avrupa’dan sonra Almanya, İngiltere, Fransa ve İtalya’da otomotiv sanayi yeniden değişmeye başlamıştır.

1970’li yıllarda gelişmekte olan ülkeler hükümet teşviklerinin başlanmasıyla gelişme gözlemlenmiştir. Türkiye’deki otomotiv sanayinin kuruluşu da teşviklerle olmuştur. 1980’li dönemlerde Güney Kore otomotiv sanayi içinde ihracatla birlikte önemli bir yere sahip olmuştur. 1990’lı yıllarda otomotiv sanayide güçlü üreticiler düşük maliyetle hızlı üretim yapmak için rekabetçi olmuştur.

Günümüzde otomotiv sanayiye yapılan yatırım her geçen gün artmaktadır. Daha önceki yıllarda 70 üzerinde bulunan şirket sayısı, özellikle son 15 yıl içinde birleşme ve satın alma yoluyla 25 civarına inmiştir ve hâlâ firmalar arasında satın alma yoluyla birleşmeleri devam etmektedir. Genel olarak alt firmalar, başka bünye altına girerek hem üretimini hem de piyasadaki yerini korumaya çalışmaktadır. Bugün otomotiv üretimi, müşterinin isteğine bağlı olarak, düşük maliyetle üretim yaparak daha yüksek satış ve kar amacı gütmektir (Kahraman, 1998).

Otomotiv sanayinin giderek artması ve belli başlı birkaç firmada yoğunlaşması, aynı zamanda bu sektördeki teknik mevzuatın da ülkenin belli bir kesiminde olmasına sebep olmuştur. Örneğin, ülkemizde Gebze, Bursa, İstanbul civarlarında bu üretimin daha

fazla olduğunu gözlemlemekteyiz. Ülkeler kendi pazar durumuna göre, siparişlerini oluşturmada hedeflerini yakalamaya çalışmaktadır.

Amaç ve Kapsam

Otomotiv endüstrisinde kullanılan en önemli faktörlerden biri elektrik akımını sağlayan kablolardır. Kablolardaki en küçük hatalar büyük felaketlerle sonuçlanabilmektedir. Bu tez çalışmasında da bunun önüne geçmek için bir araştırma yapılmıştır.

Bir otomotiv kablo demeti, güç ve bilgi aktarımı için aracın her yerine geçen bir dizi organize kablo, konnektör ve terminal olarak tanımlanabilir. Aracın farklı bileşenlerinin birleştirilmesinde çok önemli bir rol oynar. Kablo demeti sistemindeki her bir tel, kurulacakları yere, ısıya ve soğuğa dirençli ve diğer önemli hususlara bağlı olarak birçok farklı kablo tipine sahiptir.

Tesisatta yanlış veya hatalı kablo kesitinin kullanılması durumunda tesisatta ortaya çıkacak hataların önüne geçilmesi için, numune tesisatta tespiti yapılacak numune tesisat değerlerine göre, seri tesisatta hata oranı sifıra düşürülmeye çalışılmıştır.

Önceki Çalışmalar

Taner Aydın (2004), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında kablo iletkenliğinin tespit çalışmasını bulanık mantık kullanarak kablo malzemesi seçimini çalışmıştır.

Gökhan Karaca'nın yaptığı çalışmada (2006), kablolarda elektriksel ve ısıll zorlanmaların sonlu elemanlar yöntemi ile ortak çözümü önerilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, farklı toprak ısıll öz direnç değerlerinde bir tane tek damarlı kablonun, üç tane tek damarlı kablonun ve üç damarlı kablonun elektriksel ve ısıll zorlanmaları hesaba katılarak kabloda ve toprakta sıcaklık dağılımı analizleri yapılmış, üç kablonun farklı yatay açıklıklarda ve farklı gömülme derinliklerinde oluşan sıcaklık dağılımları bulunmuştur. Bu sıcaklık dayanımına göre kablo direnci kıyaslaması çalışmıştır.

İsmet Çelik, Bünyamin Kaya, N. Çağatay Üstündağ (2017), bu makalede sokete takılan terminallerin üç boyutlu yazıcılarla çıkarılması gerçekleştirilmiş, bu işlem soket deliğine ve kabloya zarar vermeden plastik terminal çıkarıcı üç boyutlu yazıcı ile imal edilmiştir.

Umut Emre Uzun (2021) Elektrik kabloları terminal akım kalitesini belirlemede kullanılan yöntem ve cihazlar makalesinde günümüzde hızla gelişen ve büyüyen hazır elektrik kablosu imalat sektöründe terminal akım (kripleme) işleminin kalite tespitinde kullanılan analiz yöntemlerinin ve analiz için kullanılan cihazların araştırılması yapılmıştır.





BİRİNCİ BÖLÜM
OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YENİ ÜRÜN (NUMUNE) DEVREYE ALMA

Yeni bir ürünün devreye alınması ve ürün değişikliği aşamalarında müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayarak müşteriler ile ürün kalite planlaması, gereksinimlerinin ortak bir dille ifade edilerek standartlaştırılması, ön planlama ile ürün proses geçerliliğinin sağlanarak ürün kalite planlamasının ön devresinin tamamlanması, müşteri ile bilgi alışverişinin kolaylaştırılması ve tüm belirlenen adımların kabul edilebilir kalite seviyesi ile zamanında bitirilmesidir.

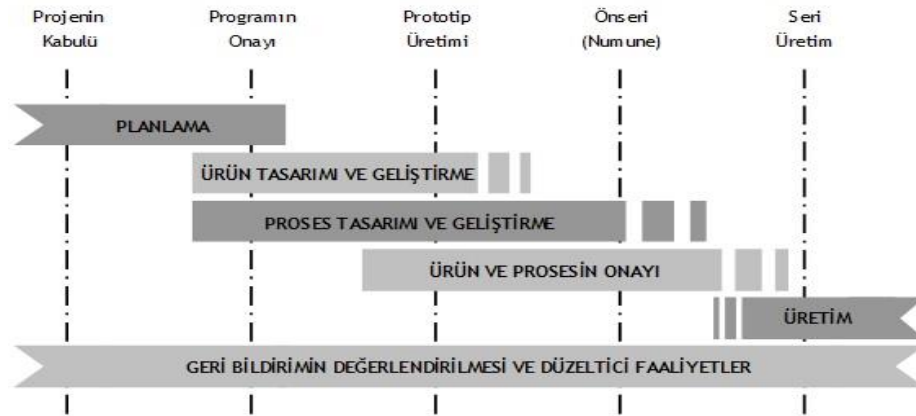
1.1. ÜRÜN DEVREYE ALMA PROSEDÜRÜ

Yeni bir proje kapsamında gerçekleştirilecek yeni ürün devreye alma sürecinin sorumluluğu Mühendislik Departmanı tarafından atanan Proje Mühendisine aittir. Proje Mühendisi aynı zamanda proje ile ilgili olarak gerçekleştirilecek çapraz fonksiyonlu ekip çalışmalarına liderlik eder. Bu ekipte, en azından Mühendislik, Kalite, Üretim Departmanı temsilcileri ve gerekirse Üretim Planlama, Malzeme Planlama, Personel ve Bakım Onarım temsilcileri bulunur. Ayrıca gerek görüldüğü takdirde Genel Müdürlük, İşletme Müdürlüğü ve tedarikçi temsilcileri de ekibe alınabilirler.

1.1.1. Prosedür Detayı

İleri Ürün Kalite Planlaması ile ilgili zaman diyagramı Şekil 1.1’de verilmiştir. Süreç prensip olarak Şekil 1.1’deki gibi yürütülür.

Şekil 1.1: Tasarım Çalışmalarının Yürütüldüğü Projeler İçin İleri Ürün Kalite Planlaması Zaman Diyagramı



Kaynak: [http://www.gelisim.org/makaleler/Ileri%20C3%9Cr%C3%BCn%20Kalite%20Planlamasi%20\(APQP\).pdf](http://www.gelisim.org/makaleler/Ileri%20C3%9Cr%C3%BCn%20Kalite%20Planlamasi%20(APQP).pdf), 2021.

Ürün Devreye alma çalışmasının birinci aşaması, ele alınan projenin (dolayısı ile devreye alınacak ürünlerin) üretilip üretilmeyeceği ile ilgili kararının verilebilmesi için aşağıdaki konuların gözden geçirilmesidir.

- Ürünün boyutsal, yapım ve karakteristik özellikler, toleranslar, teknik resim, numune, şartname ve referans standartlarla yeterince tanımlanıp tanımlanmadığı,
- Ürün teknik şartlarının dışında proses kapasitesi/yeterliliği/performansı, kalite seviyesi gibi müşteri beklentilerin yeterince tanımlanıp tanımlanmadığı,
- Ürünün hammadde üretiminin, üretileceği ve satılacağı ülke ile ilgili yasal şartların, EC direktifleri, ulusal ya da uluslararası yasa, kanun ve yönetmeliklerin bilinip bilinmediği (müşteriden, bu proje kapsamında yer alan ürünlerin satışının yapılacağı ülkelerle ilgili ulusal ve uluslararası yasal şartlar öğrenilmeli ve Yasal Uyumun Değerlendirilmesi Formu'nda değerlendirilmelidir),
- Üretim için alt yapı, makine, ölçüm, metot, kapasite, personel ve kalifikasyonun yeterliliği için kapasite değerlendirmesi (gereken değerlendirme fizibilite değerlendirmesi esnasında ya da öncesinde Üretim Kapasitesi Değerlendirme Formu yardımı ile yapılmalıdır).
- Ürünün yukarıda tanımlanan teknik özellikleri, müşteri beklentileri ve yasal şartlara göre üretilip üretilmeyeceği,

Yukarıdaki konular, Ekip Fizibilite Değerlendirmesi Formu kullanılarak oluşturulan ekip ile APQP toplantısında ele alınarak görüşülür ve parçanın üretilip üretilmeyeceğine veya üretilmesi için müşteriye değişiklikler önerilmesine karar verilir. Fizibilite Değerlendirmesi sonucu ürünün üretilmeyeceğine karar veren ekip, ürünün, müşterinin beklentilerine uygun olarak tedarik edileceğinin taahhüdünde bulunmuş olur (İşletme Mühendislik Talimatı, 2021).

1.2. PROSES TASARIMI VE GELİŞTİRME

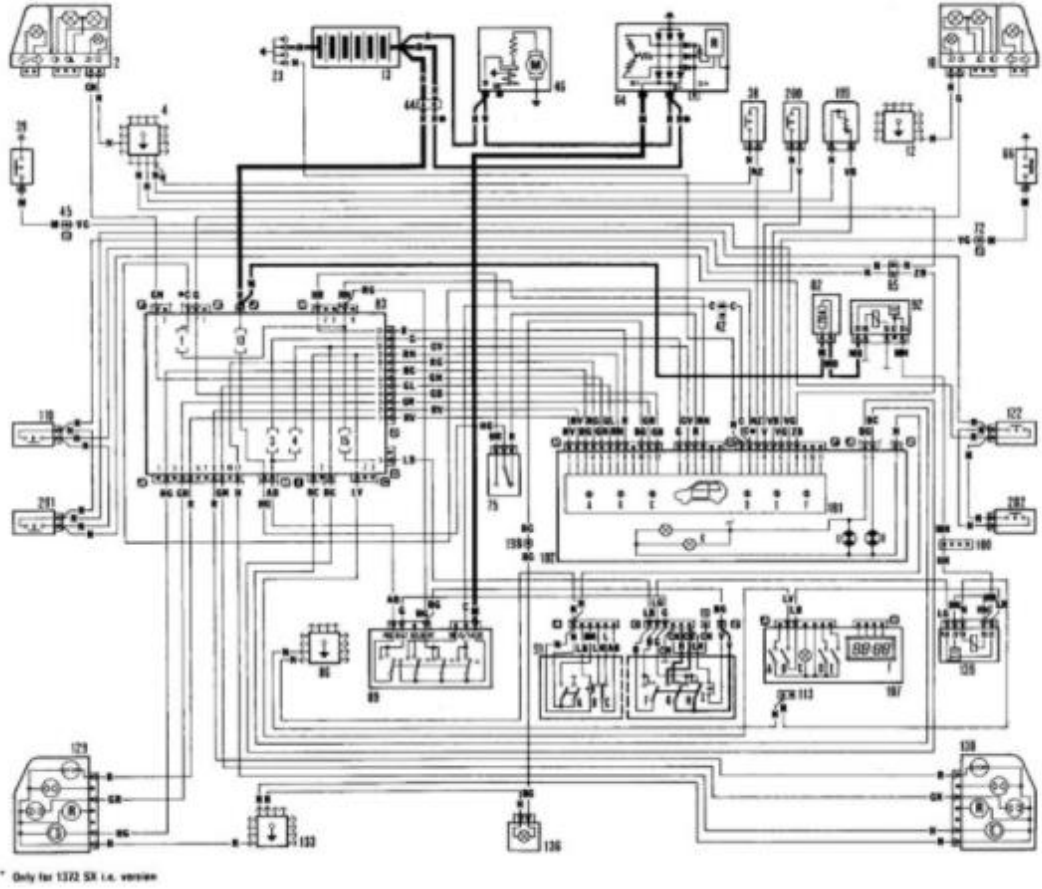
Sürecin ikinci aşamasında İleri Ürün Kalite Planlaması Kontrol ve Takip Listesi yardımı ile ürünlerle ilgili prosesin tasarımı için aşağıdaki tüm adımlar gözden geçirilir.

- Ürün teknik resmi ve ilgili spesifikasyonlar
- Müşteri Özel İstekleri
- Proses akışı

- Üretim Prosesi Tasarımı, Alternatif Teknoloji ve Metodlar
- Ürünlerin üretimi ile ilgili risk analizleri (FMEA)
- Prosesle ilgili hatasızlaştırma metotları (Poka-Yoke)
- Proses talimatları (OPT) ve ambalajlama spesifikasyonları
- Makine, montaj panosu, kalıp, ölçüm ekipmanı ihtiyacı
- İhtiyaç duyulan yeni malzemeler ve tedarik süreleri
- Ürün Taşıma ve Ergonomi Şartları
- Kullanılacak yeni malzemeler için kontrol kriterleri
- İşgücü ihtiyacı, kalifikasyonu ve eğitim ihtiyaçları
- Kapasite Analizi, Üretim Verimliliği, Zamanlama ve Maliyet Hedefleri
- Üretim yönetimini sağlamak için Kontrol Planları
- Makine, Proses Yeterliliği/Performansı
- Ölçüm sisteminin uygunluğu
- Proses Denetimi
- Önceki Proses Tasarımı ve Geliştirme Çalışmalarından Elde Edilen Tecrübeler
- Müşteri tarafından talep edilen numune, ön seri ve seri üretim partileri ve termini

Bu gözden geçirme sonrasında faaliyetler için sorumlular ve müşteri programına göre terminler belirlenir. Terminlerin müşteri programına uymaması durumu söz konusu ise müşteri ile görüşülerek mutabakata varılır.

Şekil 1.2: Örnek Teknik Resim



Kaynak: <https://www.alikopgel.com.tr/index.php/2021/11/10/uno-sxie-elektrik-tesisat-semalari/>, 2021.

Şekil 1.2’de verilen müşteriden gelen teknik resim örneği yukarıda belirtilen talimatlara uygun incelenerek;

- Malzeme Listesi
- Kablo Listesi
- Kabloların kesiti, rengi, uzunluğu, uç noktalarının bulunduğu konumlar
- İşçilik süresi gibi bilgiler hazırlanarak tesisatlar hazırlanmaktadır.

Şekil 1.3 ‘te proje takibinin aksiyon planı olarak belirtilen tabloda renk kodlarıyla hangi aşamada ve hangi tarihte bitmesi planlandığı görülmektedir.

Şekil 1.3: Proje Takip Çizelgesi

		KG.F.127	AKSİYON PLANI (PROJE)													PLAN NO	AKSİYON BAŞLAMA TARİHİ;			
															23	31.03.2021				
															LAST UP-DATED ON;					
															29.06.2021					
PROJE ADI		10 METRE BUS EV SLATINA													UP-DATED BY;					
															Seher Kaplan					
No	Tanımlama, Açıklama, Planlanan Aksiyon, vs.	Sorumlu	CW 13	CW 14	CW 15	CW 16	CW 17	CW 18	CW 19	CW 20	CW 21	CW 22	CW 23	CW 24	CW 25	CW 26	Başlanan Tarih	Tamamlanan Tarih	Sonuç	
4	Fizibilite onayı, ihtiyaçların, görev ve sorumlulukların belirlenmesi için ve APQP çalışması	APQP Ekibi	1, 2, 3														25.05.2021	27.05.2021	OK	
5	Teklifin Hazırlanması ve müşteriye sunumu	H.Y	4														6.05.2021	24.05.2021	OK	
6	Numune üretimi için gereken malzemelerin temini	E.G	4														26.05.2021	7.06.2021	OK	
7	Numune üretimi için gereken üretim ve kontrol kalıpları ve diğer alt yapının sağlanması	T.E	4														26.05.2021	7.06.2021	OK	
8	Operatör Proses Talimatı (OPT) ve sistem kayıtlarının tamamlanması	Ö.K	4														3.06.2021	15.06.2021	OK	
9	FMEA ve Kontrol Planı çalışması	APQP Ekibi	4														25.05.2021	27.05.2021	OK	
10	Numune üretimi	O.D	6, 7, 8, 9														7.06.2021	25.06.2021	OK	
11	Numunenin doğrulanması ve ürün dosyasının hazırlanması ve müşteriye sunumu	G.V	10														18.06.2021	29.06.2021	OK	
12	Müşterinin sunumu değerlendirmesi ve numune onayı	Müşteri	11														29.06.2021	-	OK	
13	Müşteri onayına istinaden üretim ve kontrol kalıplarının onaylanması	G.V	12														29.06.2021	-	OK	
14	FMEA ve Kontrol Planlarının gözden geçirilmesi	APQP Ekibi	12														29.06.2021	-	OK	

Çalışmanın devamında teknik resimden yorumlanan kablo bilgileri Tablo 1.1'deki örnek excel tablosuna aktarılarak sistem girişlerinin yapılmasına yön verilir. Şekil 1.4 'te belirttiği gibi kablo kesitinin ilerleyen süreçlerde kablo hurdası olmaması için mühendislik bölümünden hatasız çıkması gerekmektedir, çünkü mühendisliğin verdiği kablo bilgisine göre kablo kesimi gerçekleştirilmektedir.

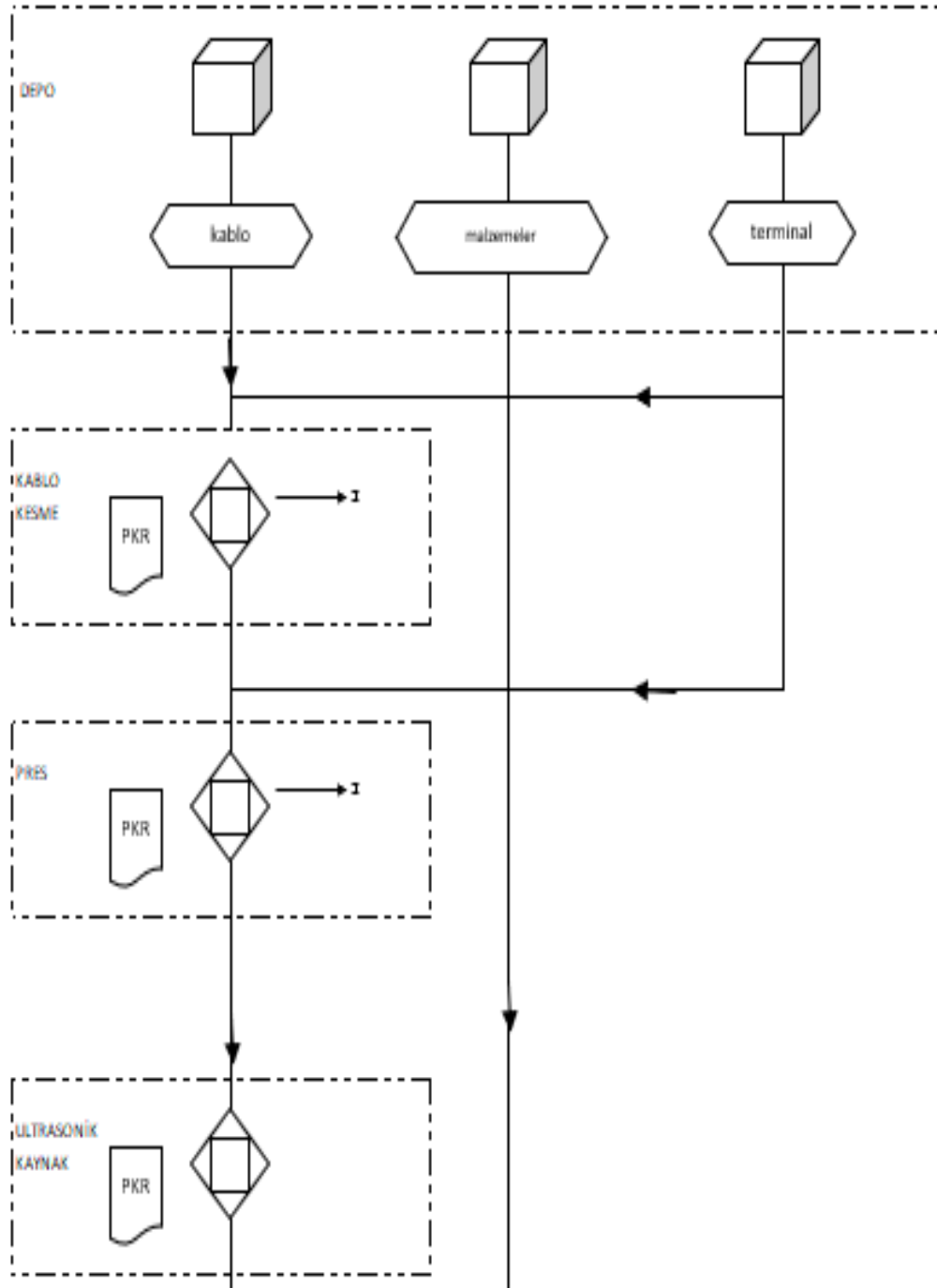
Tablo 1.1: Kablo Bilgileri Tablosu

DEVRE NO	YAZILI KABLO	TWIST	Kablo Tipi	KESİT (mm ²)	RENK	KONUM	ÖLÇÜ (cm)
WIRE5500	P2100*2-P2102*1			1	KAH	P2100*2-P2102*1	189
WIRE5501	P2103*1-P2104*1			1	BE	P2103*1-P2104*1	646
WIRE5504	P2103*2-P2102*1			1	KAH	P2103*2-P2102*1	226
WIRE5505	P2100*1-P2101*1			1	BE	P2100*1-P2101*1	609

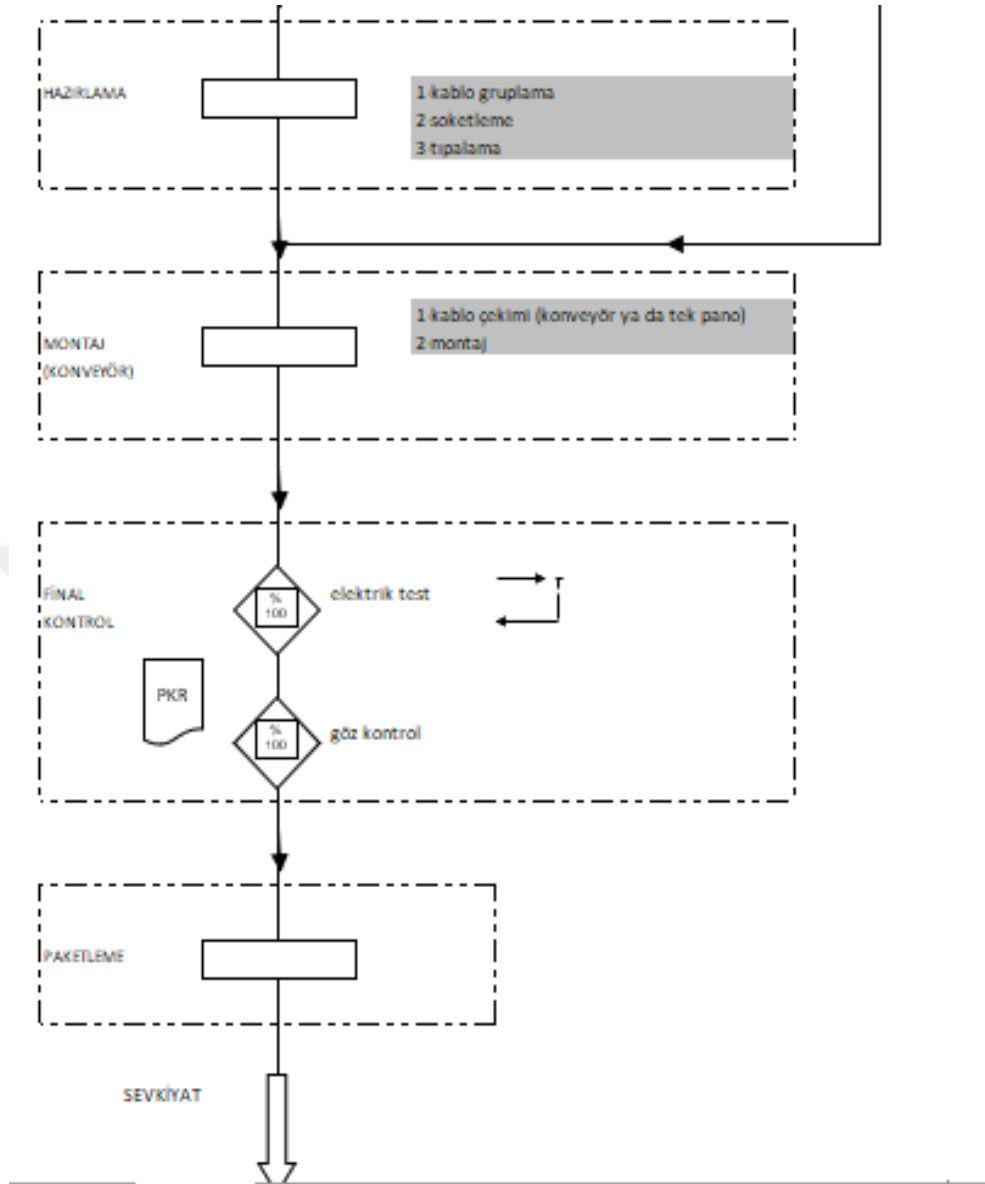
Mühendislik bölümü tesisatın oluşturulması için yeterli doküman ve alt yapıyı hazırladıktan sonra, tesisatın oluşturulması Şekil 1.4'de verilen proses akışına göre üretim devreye alınmaktadır.

1.3 TESİSAT İMALAT VE KONTROL SÜRECİ AKIŞ ŞEMASI

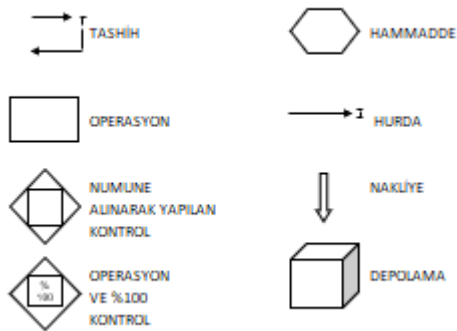
Şekil 1.4: Proses Akış 1-a



Şekil 1.5: Proses Akış 1-b



Şekil 1.6: İşaretler Tablosu



Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'ya göre gerekli malzemeler bir araya getirilerek tesisat oluşturulmaktadır.

Üretimi tamamlanan tesisattaki en büyük problem, tesisat kaliteye geldikten sonra kablo hatası gibi tesisatı ilk prosesten başlatan hatalardır. Kablonun bağlantı noktalarındaki hatalar test masasında yakalanmakta olup, kablonun kesiti ve rengi gibi durumlar personelin manuel olarak ölçümü ve göz kontrolüyle tespit edilmektedir.

Şekil 1.7: Hazırlanmış Kablo Demeti (Tesisat) Örneği



Kalitede ortaya çıkan hatalarda hurdalar oluşmakta olup, zaman hem işçilik hem de maliyet bakımından problemler oluşmaktadır.

Tablo 1.2: 2021 Yılı Kablo Hurdalarının Bölümlere Göre Miktarı Örnek (Murat K)

Aylar	Oca.21	Şub.21	Mar.21	Nis.21	May.21	Haz.21	Tem.21	Ağu.21	Eki.21	Kas.21
Bölümler										
A	-	312	261	-	-	-				
B	-	-		-	-	-				
C	-	253		160	220	240	70	40	270	
D	18,5	64	109,5	73	116	130	90	44		
E	-	-	642	7	173,5	-	118,5		67	
F	-	-	-	-	-	-				
G	2070	2248	2120	2500	1835	2630	1160	1460	1160	
H	-	-	92	-	160	210				
I	-	10	-	-	13,35	-			20	
Toplam	2088,5	2887	3224,5	2740	2517,85	3210	1438,5	1544	1517	300

Tablo 1.2 'de görüldüğü gibi işletmelerde kablolar eksik ve hatalardan dolayı hurda olmaktadır.

Bu çalışmada kablo kesitlerinin hatası erken önlenerek, tesisatın üretime başlamadan kablolar kesildikten sonra veya hazırlama aşamasında tespit edilerek işçilik-zaman ve yüksek maliyet kaybının önüne geçilmesi düşünülmüştür.

Kablonun yanlış kesitte kullanılması 4 aşamada önlenmektedir.

1. %100 doğru veri girilmesi (mümkün görülmemektedir)
2. Kesim makinasının yüksek kesitteki kablonun ucunu açmadan, küçük kesitteki kablonun bakır tellerini kesmesi yanlış kesitteki iletken kablonun kullanılması (operatör hatası önlemi)
3. Doğru kesilmiş kablonun üretim personeli hazırlama aşamasında karıştırması, üzerindeki etiketin düşmesi ile hatalı kullanımı Mikrografi cihazı ile kıyaslama yaparak engellenmesi
4. Kablonun iletkenlik direnç aralığı tablosunda verilen değer aralığında olup olmadığı test cihazıyla test edilmesi, maximum tepe gerilimlerin kıyaslanması.

1.3.1. Kablonun Kesim İşleminin Yapılması

Üretimi tamamlanan kablolar işletmelere rulo şeklinde barkod okuyucu etiketleriyle gelmektedir. Aynı zamanda mühendislikten çıkan dokümanda da kablo bilgileri bu etiket ile oluşturulmaktadır.

Şekil 1.8: Etiket Örneği

0.75 mm ² BE ISO6722 T2 FLRY		300826	
			
İRSALİYE NO	İRSALİYE TARİHİ	LOT/GRUP/PARTİ	KK RAPUR NO
M001753001	13.12.2021	M001753001	
VARSA YILAN YER		AMBAR	HAREKET TİPİ
GTKAB			RP
AMBALAJ MİKTARI	TOPLAM MİKTAR	AMBALAJ ADEDİ	
5,000	5,000	111	

Şekil 1.8 'de verilen etikette kablonun Mrp tanımı, kesiti (0,75), rengi, hangi lokasyona ait olduğu ve miktarı görülmektedir.

Şekil 1.9 da Kablo Kesim cihazı görülmektedir. Otomasyon cihazı ise Şekil 1.10'da gösterilmektedir.

Şekil 1.9: Komax Alpha 530 Kablo Kesim Cihazı



Kaynak: <http://www.unitek-elektrik.com/projeler/35/komax-alpha-530-otomatik-kablo-krimpleme>, 2021.

Şekil 1.10: Otomasyonun Kullanımı

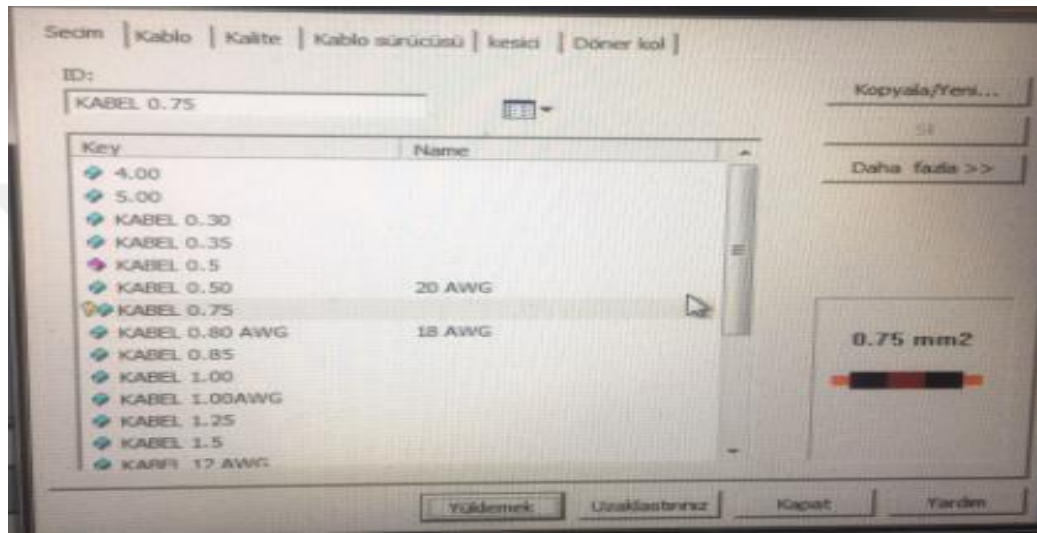


Kaynak: <https://www.mecanizadosjll.com/komax-alpha-530>, 2021.

1.3.2. Kesim Makinası Kullanımı

Kesilmesi gereken kablo rulosu operatör tarafından hazırlanarak otomasyona kablo bilgi girişleri yapılmaktadır. Hatalı kesimin önüne geçmek için bu cihazın verdiği tepkilerle kablonun hatalı olduğunu belirlenmektedir (Kablosunun kesimi madde2). Kablo kesiti Şekil 1.11’de gösterildiği gibi seçilmekte, operatörün etikette görülen değeri manuel olarak girmesi ile kablolar kesilmiş bir şekilde üretime hazırlık için teslim edilir.

Şekil 1.11: Kablo Kesit Alanı Giriş Ekranı



Kaynak: <https://www.mecanizadosjll.com/komax-alpha-530>, 2021.



İKİNCİ BÖLÜM
OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ ARAÇLARIN İÇ YAPISI

Araçtaki elektronik sistemler ve devreler, ECU (Elektronik Kontrol Üniteleri) tarafından kumanda edilir. Otomotiv elektroniğinde Elektronik Kontrol Üniteleri, CAN BUS hattı, sensörler, uygulayıcılar vb. bulunur.

Elektrikli donanımların kontrolü, elektronik kontrol üniteleriyle kumanda edilirler.

- Elektriğin iletilmesi kablo tiplerine göre değişir, fakat genel olarak çok damarlı bakır iletkenler kullanılır.
- Kabloların birbirine bağlantısında farklı çeşitte soketler kullanılır. Soketler kendi içerisinde kilit, conta, bağlantı gibi çok çeşitlilik oluşturur.
- Tesisatın kısa devre ve yüksek akımdan korunmasında sigortalar kullanılır. Sigortalar bir sigorta kutusunda bir araya gelir, genelde aracın motor kısmında ve sürücü tarafında olmak üzere iki adet sigorta kutusu vardır. Bu sigorta kutularının bağlantısı önem arz etmektedir.
- Yüksek akım çeken elektrikli alıcıların kumandasında anahtarlama genelde röleler kullanılır. Bu röleler çektikleri akıma göre seçilir ve Elektronik Kontrol Üniteleri tarafından da kumanda edilebilir (Örneğin, elektrikli yakıt pompası, otomatik cam silecekleri, otomatik farlar röleler ile kontrol edilir). (<https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>, 2021).

Şekil 2.1: Otomotiv Sektöründeki Araçların İç Yapısı



Kaynak: <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>, 2021.

2.1. ARAÇLARDA ELEKTRİK SİSTEMİYLE ÇALIŞAN TEMEL SİSTEMLER

- Elektrik - Elektronik Tesisatı - Devre Elemanları (Tüm parçalar)
- Marş Sistemi
- Akü
- Ateşleme Sistemi
- Aydınlatma ve Uyarı Sistemleri
- Şarj Sistemi (<https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>, 2021).

Otomotiv elektronik - elektromekanik sistemler de dahil edildiğinde:

- Araç ve Motor Yönetim Sistemleri (ECU) (Sensörler)
- Araç Panel Sistemleri
- Araç Koruma Sistemleri
- Konfor (Oturma) Sistemleri
- İklimlendirme Sistemleri (Isıtma - Havalandırma - Klima)
- Navigasyon Aracı - Multimedya Bağlantısı - Müzik Sistemleri (<https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>, 2021).

Bu ana başlıkların altında otomotiv sektörü için kablo demetleri üreten işletmelerde binlerce özel malzeme bulunmakta olup bu malzemelerin ayrıntısı çok detaylıdır. Örneğin alternatif malzeme bakılması gerekirken tüm parçalar ve devre şemasına göre inisiyatif alınmaktadır. Bir diyotun bile alternatif alınması, sistemden geçen gerilime göre değişkenlik göstermektedir.

Yukarıdaki tüm sistemlerin bağlantısında en önemli etmen kablolardır. Kabloların soketlerle bağlantısı sayesinde tesisatın bağlantı noktaları oluşmaktadır. Elektrik tesisatlarının bir araya getirilerek kablo demetlerini oluşturulması, otomotiv sektörünün temel yapı taşlarından biridir. Bu çalışmada iletken kabloların direnç değerleri ile kesit hesaplamaları üzerine çalışmalar yapılmış, bu kabloların incelenmesi sağlanmıştır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ELEKTRİK KABLOSU

3.1. ELEKTRİK KABLOSU NEDİR?

Elektrik enerjisini ileten, iki elektrik parçayı elektrik akımı sayesinde birleştiren veya bir sinyal iletmede de ara eleman olarak tek veya çok damardan oluşan yalıtılmış iletkenlere elektrik kablosu denir (Lewis, 2006).

Elektrik kablolarının elektriği ileten kısmı iletken malzemeden, dış kısmı da yalıtkan malzemeden oluşmuştur. Yalıtkan malzemeler sayesinde su, rutubet, kimyasal malzeme ve hava koşullarına karşı koruma sağlarlar (Lewis, 2006).

Elektrik enerjisi, üretim hattından çıkarak, çeşitli kesitlere ve gerilim seviyelerine sahip kablolar ile iletilir ve dağıtılır. Bu kabloların seçimi, kullanılacağı ortamın şartlarına göre çok iyi seçilmelidir (Lewis, 2006).

Kablo tipi belirlendikten sonra, kablo kesiti belirlenmelidir. Çünkü maliyette en önemli unsur bunlardır. Kablo kesiti belirlenirken de çekeceği akım düşünülerek seçilmelidir, çünkü yanlış seçim hayatî sebeplere neden olabilir.

Şekil 3.1: Elektrik Kablosu



Kaynak: <https://i.kontrolkalemi.com/0/11-kablolarda-iletken-kesit-hesabi.pdf>, 2021.

Yanlış kablo kesitinden dolayı fazla ya da düşük akım geçer, akımın istenilen değerden farklı geçmesi de sistemdeki parçanın düzgün çalışmasına engel olur ve hatalı parça diğer parçalarının çalışma işlevini durdurur ya da parçayı yakarak daha kötü sonuçlara sebep olabilir.

3.1.1. Kablolar Hakkında Genel Bilgi

Kablo, elektrik akımı iletiminde kullanılan üzeri yalıtkan bir madde ile kaplı metalik bir iletken tel. Bir veya daha fazla tel, yalıtıcı bir maddeyle kaplanmıştır. İletkenler bakır veya alüminyumdan bir tek tel veya daha ince tellerden örülmüş, örgü tel olabilir.

3.1.1.1. Kabloların Sınıflandırılması

Kablolar, elektrik akımı ileten ve elektrik araçlarını bir araya getiren bağlantı elemanlarıdır. Kablolar, genel olarak üç ana başlıkta incelenirler (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/elektrik-kablo-cesitleri-15620/>, 2021).

- F Kablolar
- N Kablolar
- Y Kablolar

3.1.1.1.1. F-Kablolar

Normal ve hafif işletme şartlarına uygun kablolardır.

Yeraltında, sıva içinde veya sıva altında kullanılamazlar. Otomotiv sektörü genelde bu kabloyu kullanır.

F-Kablolar aşağıdaki etmenlere göre türlere ayrılır;

- Damar iletkenin malzemesine göre sadece bakır malzemedен oluşan kablolar
- Yalıtkan malzemesine göre lastik yalıtkan içeren ve PVC yalıtkan malzemeli kablolar
- Kablonun biçimine göre yuvarlak ve yassı tipte kablolar
- Damar iletkenindeki tel sayısına göre çok telli yapıda kablolar (Otomotivde genelde kullanılan bu)
- Tellerin incelik - kalınlık derecesine göre ince telli, çok ince telli ve şerit telli yapıda kablolar
- Damar sayısına göre sadece çok damarlı yapıda kablolar (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/elektrik-kablo-cesitleri-15620/>, 2021).

3.1.1.1.2. N-Kablolar

Normal ve hafif işletme koşullarına dayanıklı, sabit döşenen iç tesisat kablolarıdır.

Yeraltına döşenmezler.

16 mm² (16 mm² dahil) kadar bir telli (som) yapılabilirler.

16 mm²'den sonra çok tellidir.

N-Kablolar aşağıdaki etmenlere göre türlere ayrılır;

- Damar iletkenin malzemesine göre yalnız bakır malzemededen
- Yalıtkan malzemesine göre lastik yalıtkan özellikte ve PVC yalıtkan
- Kablonun şekline göre yuvarlak, ara şeritli ve yassı tipte
- Damar iletkenindeki tel sayısına göre bir telli (som) ve çok telli tipte
- Tellerin incelik-kalınlık durumuna göre ince telli ve normal telli tipte (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/elektrik-kablo-cesitleri-15620/>, 2021).

3.1.1.1.3. Y-Kablolar

Maden ocakları ağır işletme koşullarına dayanıklı, yeraltına, beton aralarına veya duvara sabit olarak kullanılan güç kablolarıdır.

Bu kablolar yeraltı kablosu da denilmektedir.

Y-Kablolar dışarıda, binaların içinde, yeraltında ve su altında kullanılabilir.

Su altında kullanılacak olan Y-Kabloların seçiminde tatlı su ile sığ ve derin su farkları göz önüne alınır. Su çeşidi farklarına göre de kablo seçimi değişir.

Y-Kablolar aşağıdaki etmenlere göre türlere ayrılır;

- Damar iletkenin malzemesine göre yalnız bakır ve alüminyum malzemededen
- Yalıtkan malzemesine göre termoset yalıtkanlı ve PVC yalıtkan malzemededen
- Anma gerilimine göre alçak gerilime orta gerilim tipte
- Kurşun kılıflı tipte (Kılıflı kablolar denir)
- Sarmal bakır sargılı tipte
- Bakır siper bulunmasına göre bakır siperli tipte (Ekranlar dediğimiz koruma ekranları ile)
- Çelik zırhlı tipte
- Damar iletkeninin kesit şekline göre daire kesitli, kesme kesitli tipte olarak
- Damar iletkenindeki tel sayısına göre bir telli ve çok telli tipte olarak
- Damar sayısına göre bir damarlı ve çok damarlı olmak üzere tipleri mevcuttur (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/elektrik-kablo-cesitleri-15620/>, 2021).

3.2. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KABLOLAR

Otomotiv sektöründe düz (Flry) kablo, ekranlı kablo, Ttr kablo ve twist kablo tiplerinde kablolar kullanılmaktadır. Bu kablolar müşterinin isteğine bağlı olarak değişmektedir. Müşteri tasarım özelliğine göre istediği tipteki kabloyu kendi seçmektedir. Bakır kaplamalı çok telli (damarlı) kablolar genellikle tesisatlar da çoğunlukla kullanılır.

Şekil 3.2: Otomotiv Sektöründe Kullanılan Kablolar



Kaynak: <https://www.reimo.com/tr/kamp-malzemeleri/karavan-elektrik-malzemeleri-akueler/12v-kabel-kabelverbinder-usw./16076/araba-kablosu-renk-siyah-10-mm, 2021.>

3.2.1. Kablo Tiplerinde Kısaltmaların Yapısı

Kısaltmalar 3 gruptan oluşmaktadır:

1 - TIP KODU:

FL: Alçak Gerilim Taşıt Kablosu (DIN-ISO 6722 normuna göre)

FZL: Yüksek Gerilim Taşıt Kablosu

2 - YAPISAL KODU:

B: Alüminyum Folyo

D: Bakır Tel Kaplama

F: Yassı Kablo

R: Et Kalınlığı İnceltilmiş Yalıtkanlık

Z: Çok Damarlı Kablo

3 - DİZAYN & MALZEME KODU:

K: PVC Polivinil Klorür

Y: PVC Polivinil Klorür

3.2.2. FLRY-B Kablo

Yapı:

Bir damarlı, ince çok telli, çıplak veya kalaylı, kat eğirmeli veya bükümlü bakır iletken yapıdadır. Özel karışımli kurşunsuz PVC yalıtkan malzemesinden oluşmaktadır.

Teknik Bilgiler:

- DIN 72551 / ISO 6722'ye uygun olarak üretilirler.
- İzin verilen minimum işletme sıcaklığı: -40 °C
- İzin verilen maksimum işletme sıcaklığı: 105 °C
- İletken Yapısı: Bükülgen
- FR (Aleve Dayanıklılık) Testi: IEC 60332-1-2 şartlarına uygundur.
- Test Gerilimi (AC): 1 kV
- Yağlı ortamlarda kullanılmaya uygun.

Kullanıldığı Yerler:

Taşıtların çeşitli elektrik sistemlerinde, otomobil iç dizayn ve parçalarında kullanılırlar. Sıcaklık farkına göre de çeşitleri değişir. İstenilen sıcaklık aralığına göre seçim yapılır. Örneğin Flry-B, işletmenin bu kablo tipi 105 °C'ye kadar dayanıklıdır.

120 °C istediğinde tip Flry-W olarak seçim yapılır.

Tez çalışmasında da Flry-B kablo tiplerinin kesitleri incelenmiş, bu tipteki kablolar üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

3.3. KABLO KESİTLERİNİN AWG CİNSİNDEN MM²'YE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Tablo 3.1: Kablo Kesitlerinin Awg Cinsinden mm²'ye Dönüştürülmesi

AMERİKAN STANDARDI		METRİK SİSTEM	
AWG Ölçüleri	mm ²	mm	mm ²
800 MCM	405,35	22,72	
700 MCM	354,71	21,25	
600 MCM	304,00	19,67	300
500 MCM	253,35	17,96	240
400 MCM	202,71	16,06	
350 MCM	177,00	15,01	185
300 MCM	154,00	14,00	150
250 MCM	126,64	12,70	120
4/0	107,2	11,68	95
3/0	85,03	10,04	
2/0	67,43	9,26	70
1/0	53,48	8,25	50
1	42,41	7,34	
2	33,63	6,55	35
3	26,67	5,83	
4	21,15	5,19	25
5	16,77	4,60	
6	13,3	4,11	16
7	10,55	3,67	
8	8,37	3,26	10
9	6,63	2,91	
10	5,26	2,59	6
11	4,17	2,31	
12	3,31	2,05	4
13	2,62	1,83	
14	2,08	1,63	2,5
15	1,65	1,45	
16	1,31	1,29	1,5
17	1,03	1,15	1,0
18	0,823	1,00	0,75
19	0,653	0,91	
20	0,51	0,81	0,50
21	0,41	0,72	
22	0,32	0,64	0,40

3.4. KABLO KESİTİ VE AKIM TAŞIMA MALİYET UNSURLARI

Harcama hususu konusunda; sistem güvenliğini sağlamak için, gereksiz masraftan kaçınılmalıdır. Ekonomik anlamda fazla maliyet iyi bir iş yapıldığını kanıtlamaz; maliyet-güvenlik optimizasyonu yaparak en uygun iletken kesit belirlenmelidir (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/kablo-secimi-15851/>, 2021).

Bu konuda dikkat edilmesi gereken üç ayrı sistem bulunur;

- Akım Taşıma Kapasitesi: Kurulumu yapılacak olan kablonun, sıcaklık sınırı göz önünde bulundurularak, bileşenlerinin bozulmadan kullanılabilmesi için gereken azami akım değeridir.
- Gerilim Düşümü: İletkenin iç rezistansından dolayı oluşan kayıplar. Gerilimin, kaynaktan yüke iletilinceye kadarki geçen mesafede belli bir oranda kayba uğraması durumudur. Kablo mesafesi arttıkça kayıp da artar ve iletken kesitin büyütülmesi gerekir.
- Kısa Devre Akımı: Alternatif akım durumlarında, zamanla başkalaşan bir parametredir. Kısa devre meydana gelen alanda, bu süre boyunca geçen akım oranıdır (<https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/kablo-secimi-15851/>, 2021).

3.5. İLETKEN DİRENCİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

İletken direncini etkileyen dört faktör mevcuttur:

- İletken boyu (mesafesi) arttıkça direnç yükselir.
- İletken kesiti (s alanı) arttıkça direnç düşer.
- İletken kesiti (s alanı) azaldıkça direnç yükselir.
- İletkenliği yüksek malzemelerin direnci düşüktür.
- İletkenlerin direnci sıcaklık arttıkça yükselir.

3.5.1. Tanımlamalar

R : Direnç (Ohm)

L : İletken boyu (metre)

A : İletken kesiti (mm²)

Φ : Özdirenç ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

Elektrik kablolarının hangi ortamda, hangi kesitte ve hangi malzemedен üretildiği çok önemlidir. Yukarıdaki durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

3.6. KABLOLARDA KULLANILAN BAŞLICA İLETKEN TÜRLERİ

Kablolarda kullanılan iletken çeşitleri kablo uygulamalarına göre farklılık göstermektedir (<https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>, 2021).

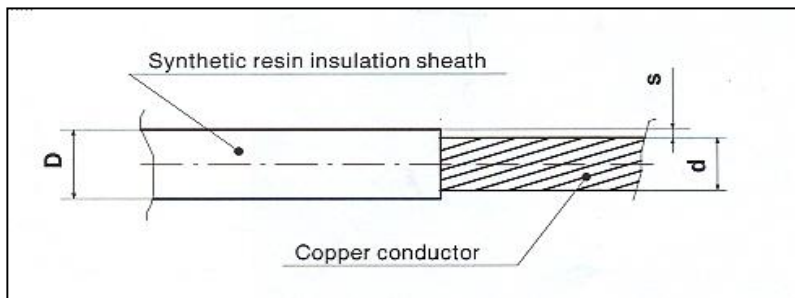
- Kaplamasız bakır tel (Tüm kablo tiplerinde)
- Kalay kaplamalı bakır tel (Tüm kablo tiplerinde)
- Nikel kaplamalı bakır tel (Yüksek ısı olan ortamlardaki kablo uygulamalarında)
- Gümüş kaplamalı bakır tel (Yüksek iletkenlik istenen koaksiyel ve ses kablolarında)
- Alüminyum tel (Enerji kabloları ve havai hatlarda. Koaksiyel kablo örgü ekranında)
- Bakır kaplamalı alüminyum tel (Koaksiyel kablo iletken ve örgü ekranında)
- Bakır kaplamalı çelik tel (Koaksiyel kablo iletkeninde)

İşletmede kullanılan kablolar genel olarak; kalay kaplı bakır teldir. Müşterinin isteğine bağlı olarak kaplama ve örgü, twist gibi koruma özellikleri değişiklik gösterir.

3.7. KABLO İLETKENLİK DİRENCİ HESABI

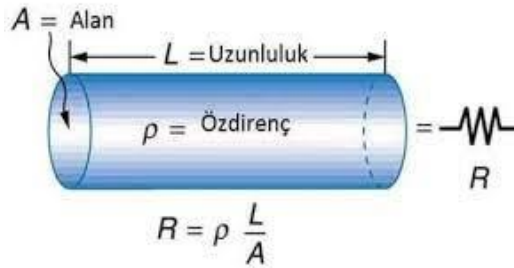
Projelerde seçilen kablo kesiti hem akım taşıma kapasitesini hem de maliyeti etkilemektedir. Kablo kesit seçimini, işletmelerin tasarımsal olarak yapmadığı görülmektedir, fakat istenilen değerde kablo üretimi yapmaktadır. Üretilen kablolar, kesim bölümüne gelerek kesimi gerçekleşmektedir. Operatörün ya da manuel girişte yapılan kesit giriş hatası kablonun yanlış kullanılmasına sebep olmaktadır (<https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>, 2021).

Şekil 3.3: Kablo Birimleri



Kaynak: <https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>, 2021.

Şekil 3.4: Kablo İletkenlik Direncinin Hesaplanmasında Kullanılan Formül



Kaynak: <https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>, 2021.

Şekil 3.4’deki formül, kablo iletkenlik direncinin hesaplanmasında kullanılan formüldür.

Kullandığımız kablolar bakır kablolardır.

- Test için bakır kaplı kablolar kullanılmıştır.
- Bakırın yaklaşık öz direnci 0.017’(Ω.m) dir.

Bakır Kablolarda İletkenlik Direnci Tablosu Tablo 3.2’deki gibidir.

Tablo 3.2: Bakır Kablo İletkenlik Direnci Ölçüm Tablosu

Kesit Alanı	Tel Sayısı	Tek Tel Max. Değer	Tek Tel Min. Değer	İletkenlik Direnci		İzasyon “S” Değeri			Kablo Dış Çapı
				mΩ/m(Max.Değerler)		Ort.	Min.	Max.	
mm ²		mm	mm	Kaplamasız	Kalay Kaplı	mm	mm	mm	
0,22	7	0,21	0,7	84,8	86,5	0,25	0,24	1,3	
0,35	12	0,21	0,8	54,4	55,5	0,25	0,24	1,5	
0,5	16	0,21	1	37,1	38,2	0,3	0,28	1,9	
0,75	24	0,21	1,2	24,7	25,4	0,3	0,28	2,1	
1	32	0,21	1,35	18,5	19,1	0,3	0,28	2,3	
1,5	30	0,26	1,7	12,7	13	0,3	0,28	2,6	
2	28	0,31	2	9,42	9,69	0,3	0,28	2,8	
2,5	50	0,26	2,2	7,6	7,82	0,35	0,28	3	
3	44	0,31	2,4	6	6,17	0,35	0,28	3,4	
4	56	0,31	2,8	4,71	4,85	0,4	0,32	3,8	
5	70	0,31	3,1	3,94	4,02	0,45	0,36	4,2	
6	84	0,31	3,4	3,14	3,23	0,45	0,36	4,5	
10	80	0,41	4,5	1,82	1,85	0,6	0,48	6	
16	126	0,41	6,3	1,16	1,18	0,65	0,52	7,9	
25	196	0,41	7,8	0,743	0,757	0,65	0,52	9,4	

Tablo 3.2’deki değerler işletmelerin kablo üretiminde kalite standardı olarak belirlediği minimum ve maksimum değerlerdir. Bu değerler standard hassas direnç ölçer cihazında (Resistomat 2316) ölçülerek belirlenmiştir. Bu değerler metre miliohm olarak belirlenmiştir.

3.7.1. Milliohmmetre RESISTOMAT® Model 2316

En küçük direncin hızlı ve doğru ölçümleri Resistomat 2316 miliohmmetre RESISTOMAT® ile mümkündür. Ölçümü yapılacak numunede ortam sıcaklığı 20 ° C olarak ayarlanabilir.

Cihazın Özellikleri:

- 2 mΩ ile 200 kΩ arasında ölçüm aralığı
- μΩ'a kadar çözünürlük
- Doğruluk % 0.03 R_{dg}.
- Otomatik aralık
- Tüm malzemeler için sıcaklık kompanzasyonu ayarlanabilir
- 400 V_{rms}'ye kadar giriş voltajı koruması
- RS232 ve PLC arayüzü (USB ve Ethernet seçeneği) ile çalışabilirlik

Aşağıdakiler dahil olmak üzere ölçüm değerlerinin çevrimiçi gösterimi grafik veya tablo modunda limitler

- Ölçüm değerlerinin zamanla doğrudan depolanması
- Tüm verilerin ASCII formatında MS-EXCEL'e aktarılması
- Kendi logonuzla bir test sertifikasının çıktısı
- Cihaz ayarlarının yedeklenmesi

Cihazın Çalışma Mantığı:

Cihaz ortam sıcaklığı ayarlandıktan sonra numune cihaza bağlanır cihazın aldığı değerler otomatik olarak ekrana yansıyor.

Cihaz, test kablosu ve kontak dirençlerinden kaynaklanan hataları ortadan kaldıran kanıtlanmış 4 telli ölçüm yöntemine göre çalışır. Bu sayede ölçüm çemberinde olabilecek termo gerilimler otomatik olarak kompanze edilir.

- 100 mm ... 1000 mm arasında değişen kablo uzunluklarının testi
- Entegre sıcaklık kompanzasyonu,
- Malzemeye özel sıcaklığın katsayı seçimi yapılabilir

Şekil 3.5'teki düzenekte görüldüğü gibi 1 metrelik numuneler test ortamına kablunun 2 ucu kablo giriş bağlantılarıyla cihaza bağlanır.

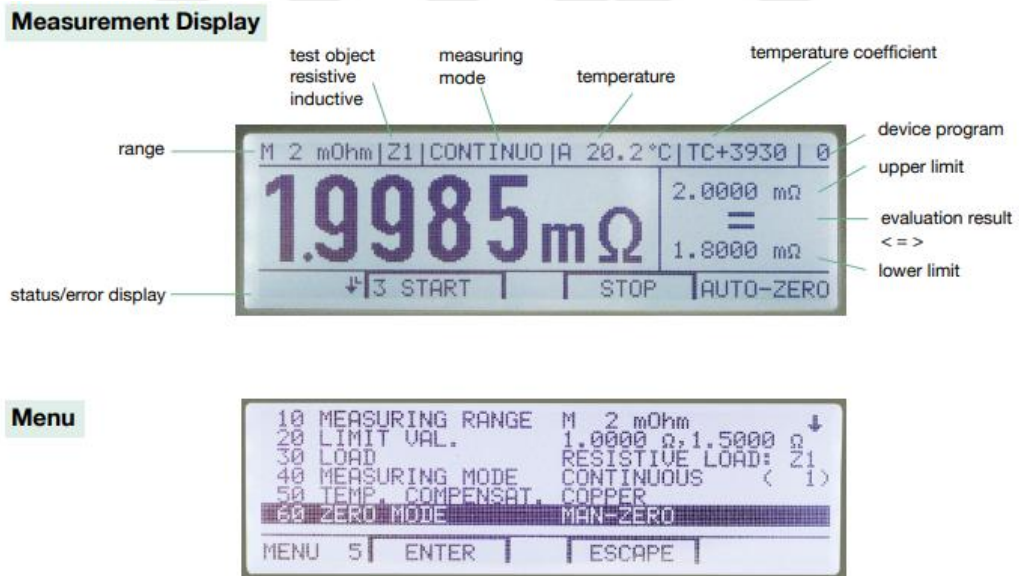
Şekil 3.5: Resistor 2316 Kurulum Düzenegi



Kaynak: https://burstercablemeasurement.com/wp-content/uploads/2016/08/2316_EN.pdf, 2021.

Cihazda okunan değerler Şekil 3.6'daki görüldüğü gibi Lcd ekranına yansır.

Şekil 3.6: Cihaz Resistor 2316 'nın Menu ve Lcd Ekran Görünümü



Kaynak: https://burstercablemeasurement.com/wp-content/uploads/2016/08/2316_EN.Pdf, 2021.

Fly-B kablolardan 1 er metre numune alınarak Tablo 3.2 oluşturulmuştur. Aşağıdaki test örnekleri de bu cihazdan alınan değerlere göre her kablo kesitinde tespit edilmiştir.

3.7.2. 0.5 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.3: 0.5 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max.	1(B)			■
	1,60	1,513			
İzasyon Kalınlığı "s" mm.	nom.	1(B)	2(B)	3(B)	■
	0,28	0,392	0,377	0,327	
	min.	1(B)	2(B)	3(B)	
	0,22	0,269	0,298	0,319	■
İletken Çapı "d" mm.	max.	1(B)			■
	1,10	0,864			
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max.	1(B)			■
	37,10	36,69			
Tek Tel Çapı mm.	max.	1(B)			■
	0,210	0,191			

Tablo 3.3'deki ölçülen numune değeri 36,69'dır. 0,5 mm kesitindeki kablonun alabileceği maximum değer 37,1 olduğu için kablo 0,5 mm kabloya uygundur. O yüzden test ok etiketi yapılabilir.

Diğer s, d ve çap değerleri Tablo 3.2 ile kıyaslandığında onay verilmesi uygun tespit edilmiştir.

Aşağıdaki ölçümlerde alınan değerler ana tablo değeri Tablo 3.2 ile kıyaslanarak numune test sonucu ok olmuştur.

3.7.3. 0.75 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.4: 0.75 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max.	1(B)			■
	1,90	1,757			
İzasyon Kalınlığı "s" mm.	nom.	1(B)	2(B)	3(B)	■
	0,3	0,428	0,399	0,356	
	min.	1(B)	2(B)	3(B)	
	0,24	0,348	0,341	0,319	■
İletken Çapı "d" mm.	max.	1(B)			■
	1,30	1,118			
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max.	1(B)			■
	24,7	24,68			
Tek Tel Çapı mm.	max.	1(B)			■
	0,210	0,193			

3.7.4. 1 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.5: 1 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max.	1(B)	1,513		■
	2,1				
İzalsasyon Kalınlığı "s" mm.	nom.	1(B)	2(B)	3(B)	■
	0,3	0,399	0,356	0,348	
	min.	1(B)	2(B)	3(B)	
	0,24	0,305	0,254	0,276	■
İletken Çapı "d" mm.	max.	1(B)	1,241		■
	1,5				
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max.	1(B)	18,12		■
	18,5				
Tek Tel Çapı mm.	max.	1(B)	0,194		■
	0,210				

3.7.5. 2 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.6: 2 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max.	1(B)	2,657		■
	2,8				
İzalsasyon Kalınlığı "s" mm.	nom.	1(B)	2(B)	min. 0,508	■
	0,35	0,574	0,523		
	min.	1(B)	2(B)	max.	
	0,28	0,363	0,436	0,428	■
İletken Çapı "d" mm.	max.	1(B)	1,764		■
	2				
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max.	1(B)	9,04		■
	9,420				
Tek Tel Çapı mm.	max.	1(B)	0,291		■
	0,310				

3.7.6. 3 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.7: 3 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max.	1(B)	3,238		■
	3,4				
İzalsasyon Kalınlığı "s" mm.	nom.	1(B)	2(B)	min. 0,472	■
	0,4	0,610	0,603		
	min.	1(B)	2(B)	max.	
	0,32	0,421	0,407	0,392	■
İletken Çapı "d" mm.	max.	1(B)	2,330		■
	2,4				
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max.	1(B)	5,86		■
	6				
Tek Tel Çapı mm.	max.	1(B)	0,291		■
	0,310				

3.7.7. 4 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.8: 4 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max. 3,7	1(B)		3,550	■
	nom. 0,40	1(B)	2(B)	min. 0,515	■
İzasyon Kalınlığı "s" mm.	min. 0,32	1(B)	2(B)	max. 0,399	■
		0,465	0,472		
İletken Çapı "d" mm.	max. 2,8	1(B)		2,599	■
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max. 4,71	1(B)		4,57	■
Tek Tel Çapı mm.	max. 0,310	1(B)		0,291	■

3.7.8. 6 mm² Kesitli Kablo için Test Sonuçları

Tablo 3.9: 6 mm² Kablo İçin Değer ve Toleranslar

Parametreler	Değerler	Numune Test Sonucu			OK
Kablo Dış Çapı "D" mm.	max. 4,3	1(B)		4,222	■
	nom. 0,40	1(B)	2(B)	min. 0,713	■
İzasyon Kalınlığı "s" mm.	min. 0,32	1(B)	2(B)	max. 0,431	■
		0,531	0,548		
İletken Çapı "d" mm.	max. 3,4	1(B)		3,244	■
İletkenlik Direnci (20°C mΩ/m.)	max. 3,14	1(B)		3,01	■
Tek Tel Çapı mm.	max. 0,310	1(B)		0,294	■



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
KABLO KESİT ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

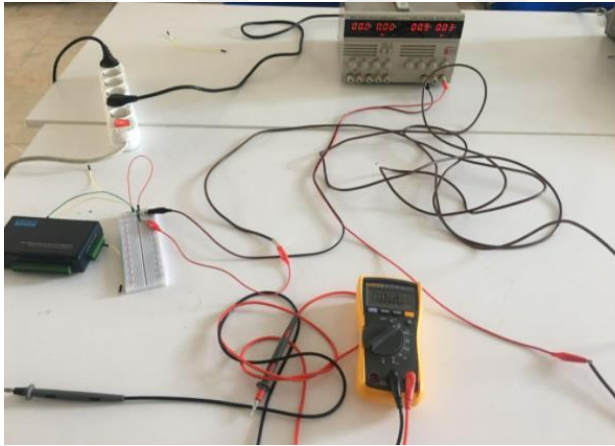
YÖNTEM 1

Ohm metre ile ölçülen kesin değerler referans alınmış ve projede direnç ölçümü için bir düzenek oluşturulmuştur. Bu düzenekte iç dirençten kaynaklanan gerilim düşümü tespiti yapılmıştır.

Test için gerekli malzemeler:

- Usb-4716 Kartı
- Farklı kesit alanlarında kablolar
- Yük olarak kullanacağımız direnç (18 ohm)
- Gerilim kaynağı
- Multimetre

Şekil 4.1: Test Ortamı



4.1. ADVANTECH USB-4716 KARTI NEDİR?

ADVANTECH USB-4716-AE Veri Toplama (DAQ) ve İletişim kartıdır.

USB I/O Modülü, 200KS/s, 16 ch, 16 bit teknik özellikleriyle Çok İşlevli USB Veri Toplama Modülü olarak çalışır (Taiwan, 2006).

Adc-4716 Özellikleri Nelerdir?

USB-4716, en çok istenen ölçüm ve kontrol işlevlerine sahiptir:

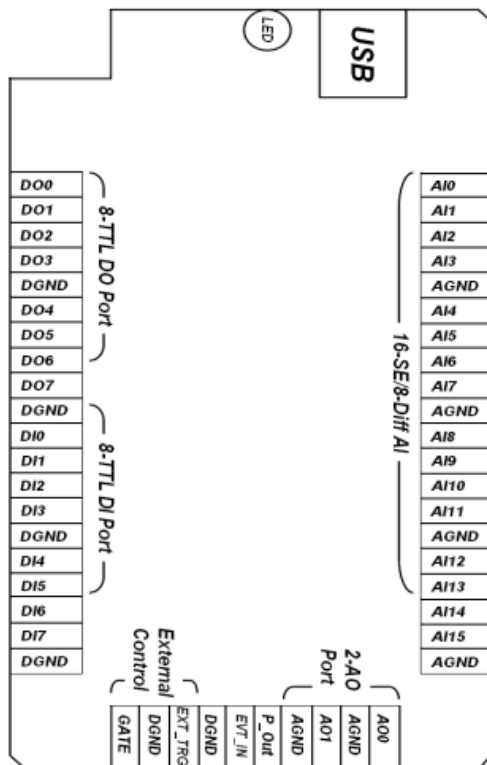
- 16 tek uçlu / 8 diferansiyel veya kombinasyon analog giriş kanalı
- 200 kS / sn'ye kadar örnekleme hızıyla 16 bit çözünürlüklü A / D dönüştürücü
- 8 dijital giriş ve 8 dijital çıkış kanalı (TTL Seviyesi)
- 2 analog çıkış kanalı

- 16 bit programlanabilir sayaç / zamanlayıcı
- Her analog giriş kanalı için programlanabilir kazanç
- Otomatik kanal tarama
- Yerleşik 1K, AI kanalları için FIFO arabelleğinden örnekler
- Veri yolu desteklidir.
- Cihaz durumu LED göstergesi bulunur.
- Çıkarılabilir modül üzeri kablo terminali
- Yüksek hızlı USB 2.0'ı destekleyen yapıya sahiptir.
- Otomatik kalibrasyon işlevi mevcuttur.
- Çalışır durumda müdahale edilebilir yapı

4.1.1. Kart Dizaynı

Usb 4716 kartında 8 dijital giriş ve 8 dijital çıkış kanalı ve dijital çıkışlar Şekil 4.2'de görüldüğü gibi tasarlanmıştır.

Şekil 4.2: Usb-4716 Kart Yapısı

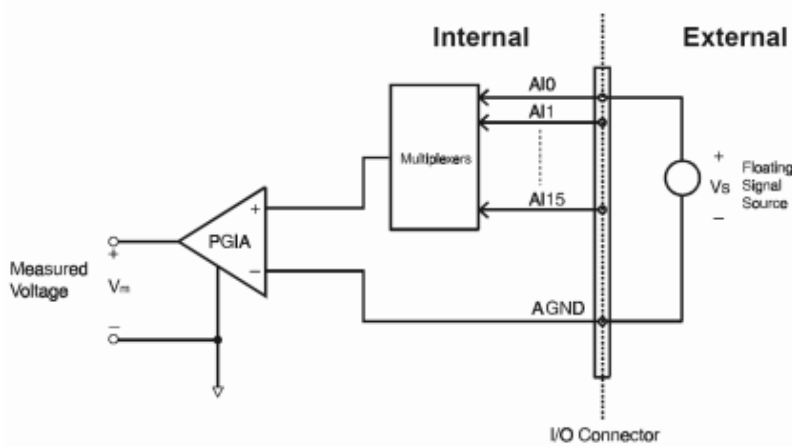


Kaynak: https://www.advantech.com/products/1-2mlkno/usb-4716/mod_a3ab933c-c6d3-49eb-9d25-58cacecdef7a, 2021.

4.1.2. Tek Uçlu Giriş Kanalı Bağlantısı

Tek uçlu giriş konfigürasyonunun her biri için yalnızca bir sinyal iletkeni vardır. Ölçülen gerilim - voltaj değeri, referans alınan telin gerilim değeridir (Taiwan, 2006).

Şekil 4.3: Tek Uçlu Kanal Bağlantısı

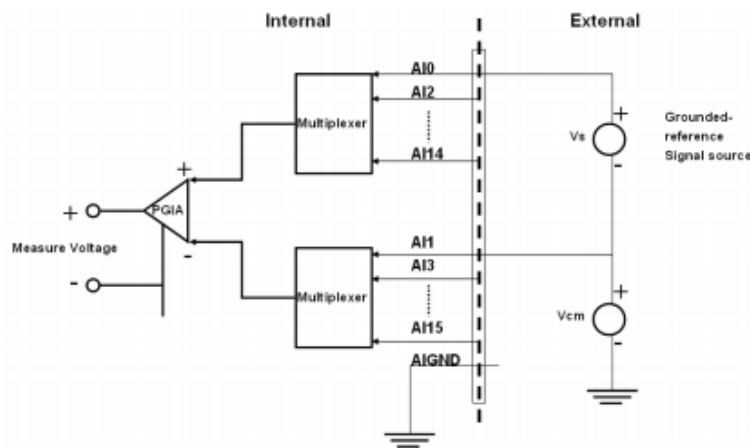


Kaynak: https://www.advantech.com/products/1-2mlkno/usb-4716/mod_a3ab933c-c6d3-49eb-9d25-58cacecdef7a, 2021.

4.1.3. Diferansiyel Giriş Bağlantıları

Diferansiyel giriş kanalları, her biri için iki sinyal kablosu ile çalışır. Kanal ve her iki sinyal kablosu arasındaki gerilim farkı ölçülür. USB-4716'da tüm kanallar farklı olacak şekilde yapılandırıldığında giriş 8'e kadar analog kanal mevcuttur (Taiwan, 2006).

Şekil 4.4: Diferansiyel Giriş Bağlantıları

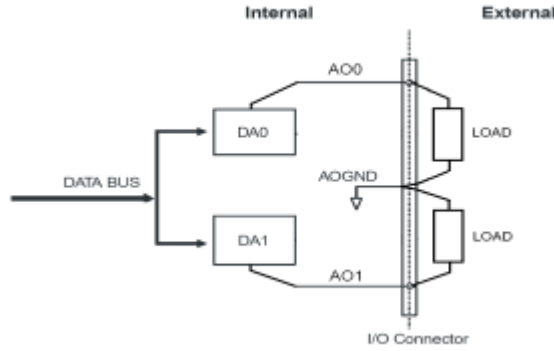


Kaynak: https://www.advantech.com/products/1-2mlkno/usb-4716/mod_a3ab933c-c6d3-49eb-9d25-58cacecdef7a, 2021.

4.1.4. Analog Çıkış Bağlantıları

USB-4716, AO0 ve AO1 olmak üzere iki analog çıkış kanalı sağlar. USB-4716'da analog çıkış bağlantılarının nasıl yapılacağını gösterir (Taiwan, 2006).

Şekil 4.5: Analog Çıkış Bağlantıları



Kaynak: https://www.advantech.com/products/1-2mlkno/usb-4716/mod_a3ab933c-c6d3-49eb-9d25-58cacecdef7a, 2021.

4.2. NUMUNE TEST KONTROLÜ

Bu çalışmada kesilmiş kablunun doğru kesitte olup olmadığının kontrolü yapılmaktadır. Kablo üretimden sonra kesitleri kontrol edilerek işletmelere gelen kablolar, operatörün manuel olarak veri girişini yaptığı kesim makinasında yanlış girişi yapılan kablunun üretime aktarılmasına engel olmak ve prosesin başlangıcında hurda ve zaman kaybının önüne geçilmesini sağlamaktır.

- Numune olarak 0.5-0.75-2-6 mm² kesit alanlarında kablolar seçilmiş,
- Yük olarak 100 ohm ve 18 ohm direnç kullanılmış,
- 1 ve 5 volt aralığında farklı gerilimler verilerek, çıkış gerilim farkları incelenmiş,
- Test ortamında kullanılan direnç ile, bir gerilim düşümü meydana getirerek, kablo üzerindeki gerilim düşümünün izlenmesi sağlanmıştır.

4.2.1. Ölçülen Değerler

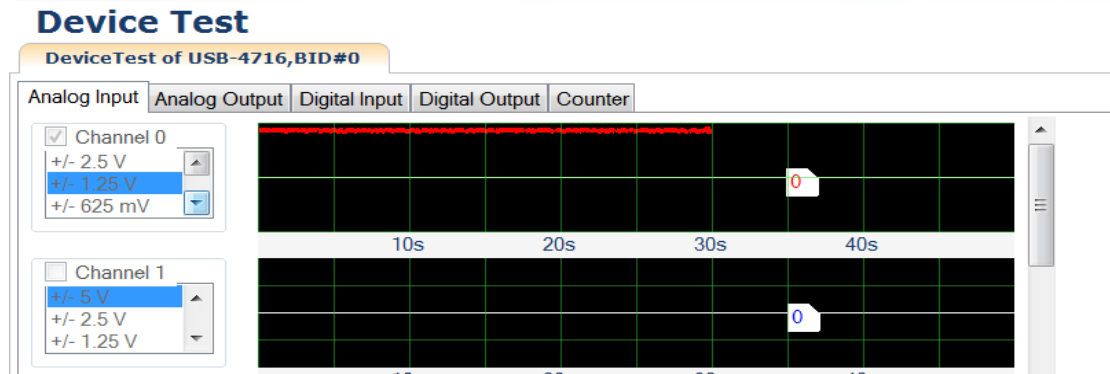
Tablo 4.1: Numune Test Kontrolünde Ölçülen Değerler

Kablo Kesiti(alan)	Güç Kaynağından Verilen Gerilim	Multimetrede Ölçülen Çıkış Değeri(v)	Multimetrede Ölçülen Direnç+Kablo Çıkış Değeri(v)	Kullanılan Direnç (ohm)
0,5 mm ²	1 VOLT	1,01	1,008	100 OHM
	2 VOLT	2,03	2,006	100 OHM
	3 VOLT	3,09	3,05	100 OHM
	4 VOLT	4,1	4,092	100 OHM
	5 VOLT	5,06	4,996	100 OHM
0,75 mm ²	1 VOLT	1,01	0,897	18 OHM
	2,5 VOLT	2,494	2,361	18 OHM
	3 VOLT	3,05	2,954	18 OHM
	4 VOLT	4,101	4,022	100 OHM
	5 VOLT	4,997	4,708	18 OHM
2 mm ²	1 VOLT	1	0,93	18 OHM
	2,5 VOLT	2,49	2,175	18 OHM
6 mm ²	1 VOLT	1	0,906	18 OHM
	2,5 VOLT	2,496	2,33	18 OHM
	6 VOLT	4,97	4,686	18 OHM

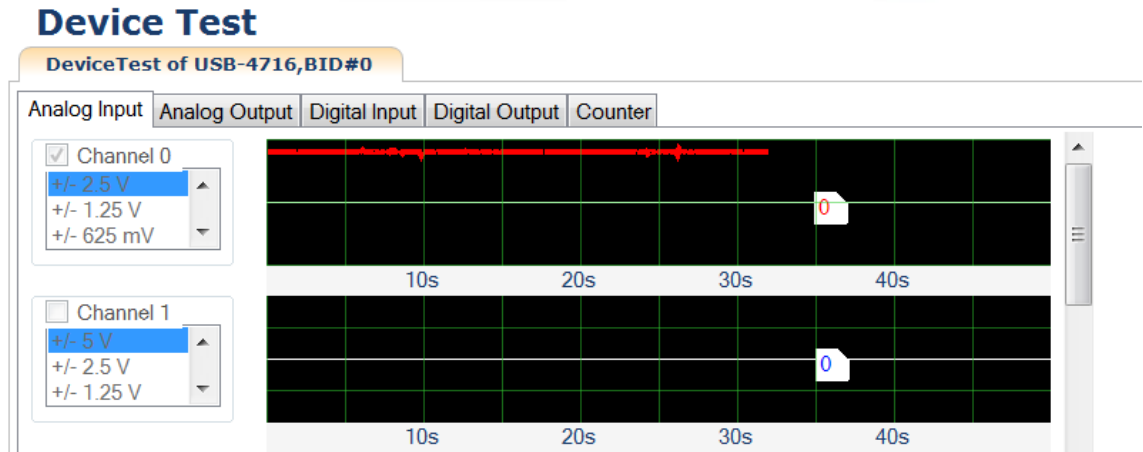
Kablo iç direnci miliohmolar değerlerinde olduğu için çok hassas ölçümler çıktı kıyaslaması yapılarak incelenmiştir.

4.2.1.1. 0.5 mm² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı

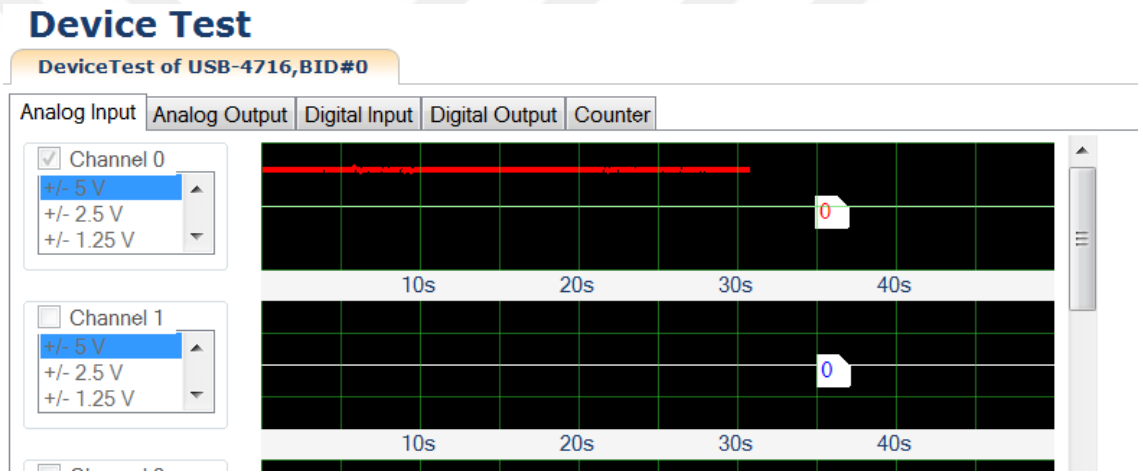
Şekil 4.6: 0.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi



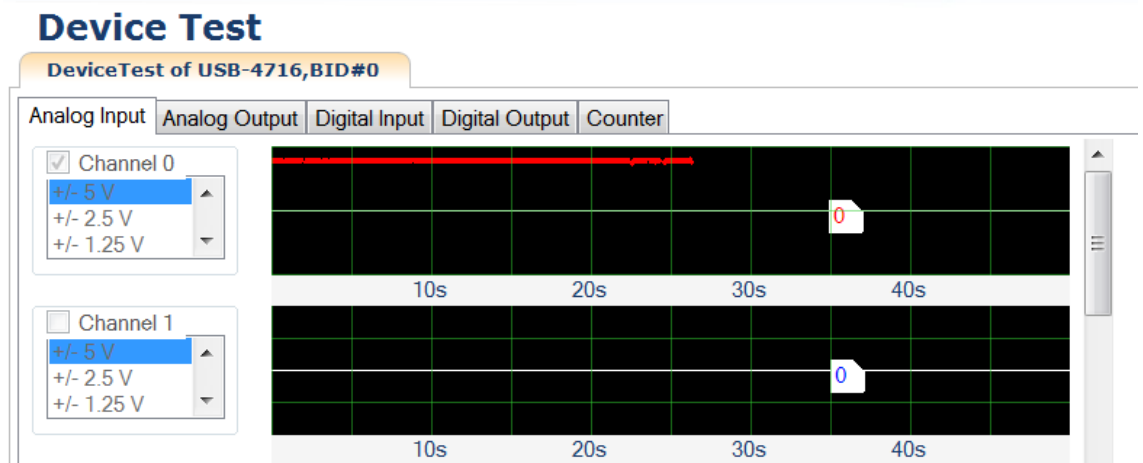
Şekil 4.7: 0.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2 Volt Gerilimin Test Edilmesi



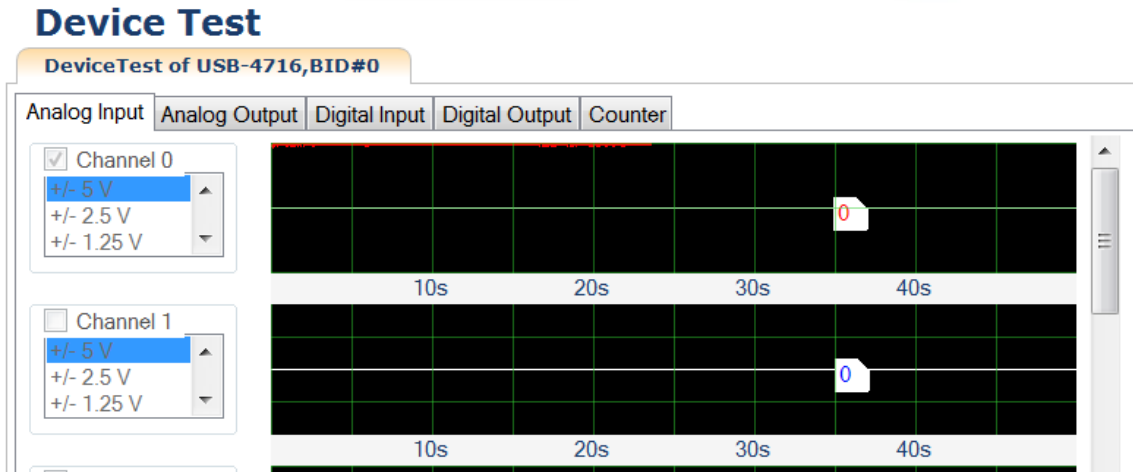
Şekil 4.8: 0.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 3 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.9: 0.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 4 Volt Gerilimin Test Edilmesi



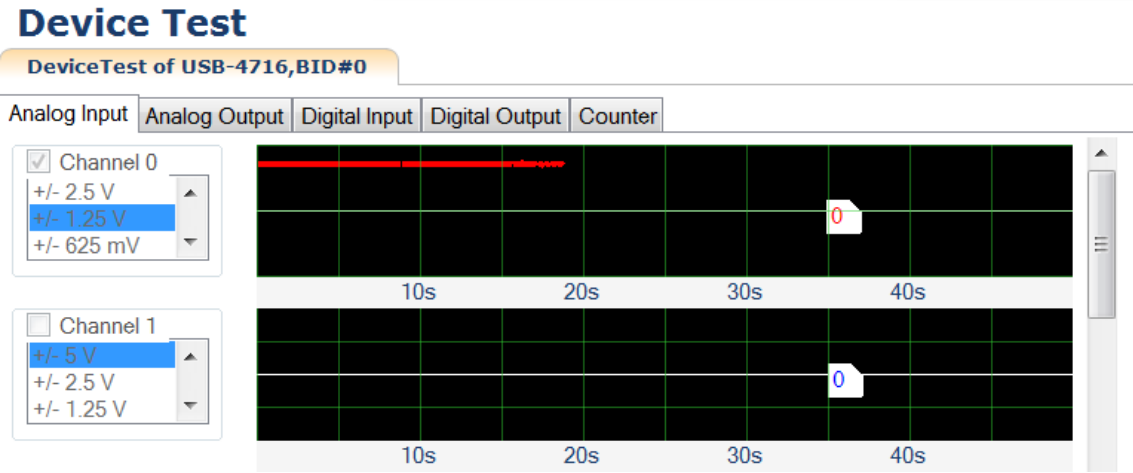
Şekil 4.10: 0.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



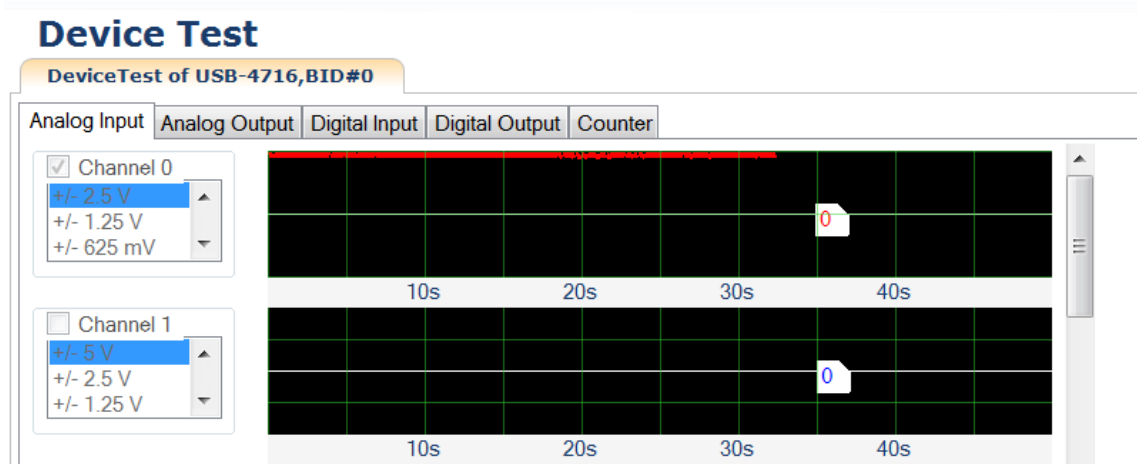
Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 'daki veriler incelendiğinde; çıkış gerilimine çok yakın değerler elde edilmiştir.

4.2.1.2. 0.75 mm² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı

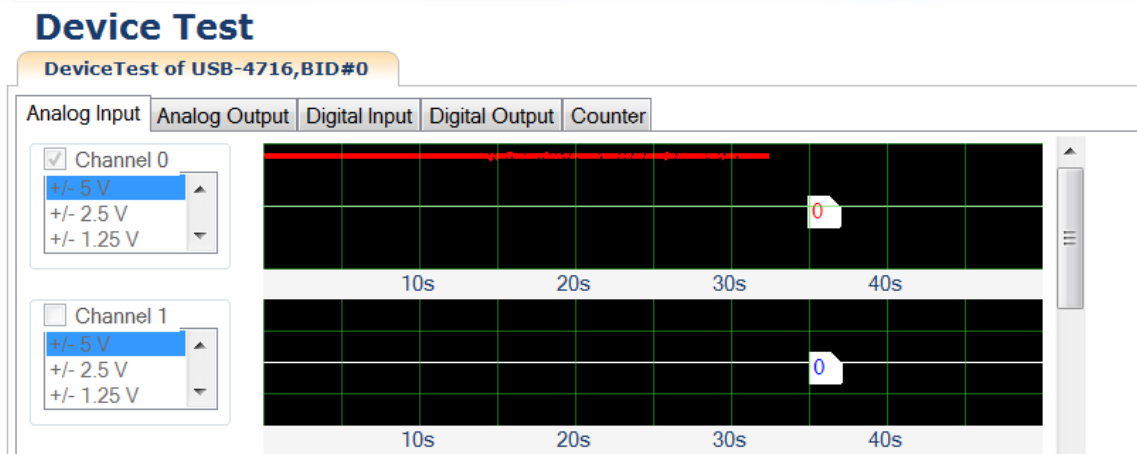
Şekil 4.11: 0.75 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi



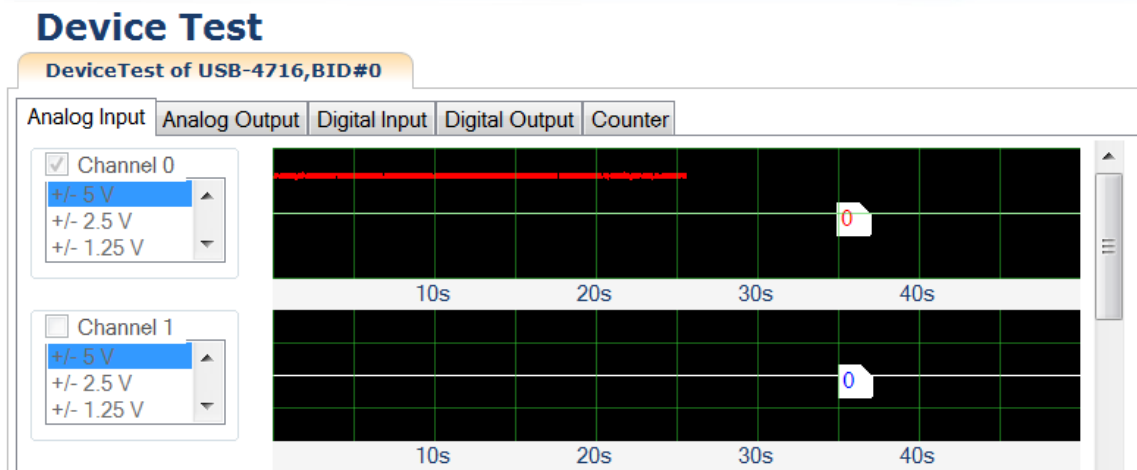
Şekil 4.12: 0.75 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



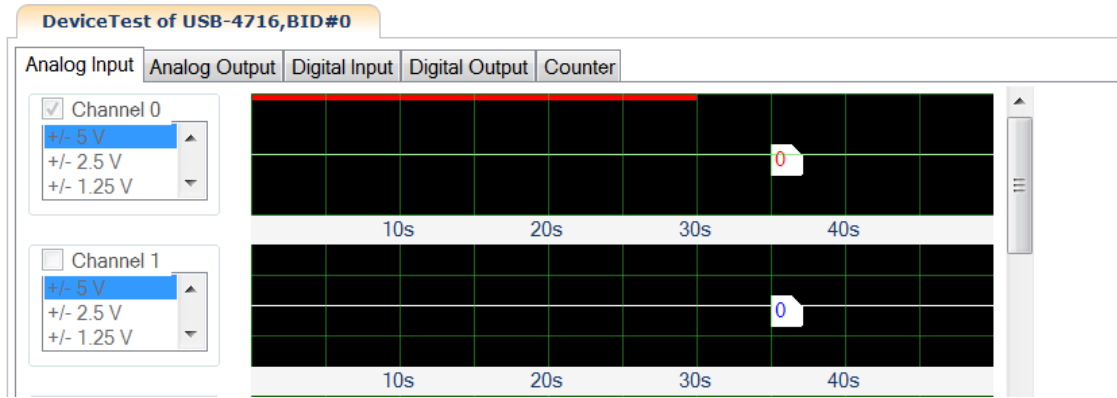
Şekil 4.13: 0.75 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 3 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.14: 0.75 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 4 Volt Gerilimin Test Edilmesi

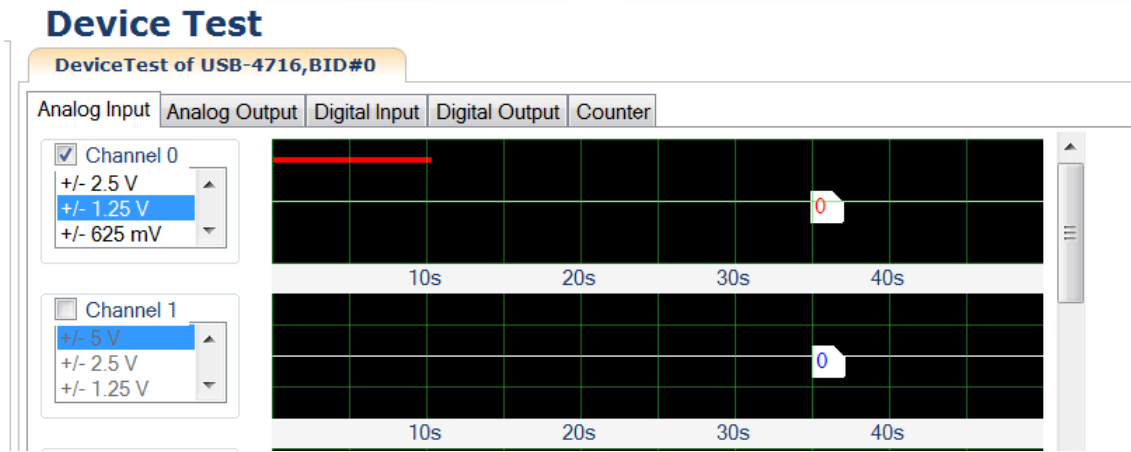


Şekil 4.15: 0.75 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi

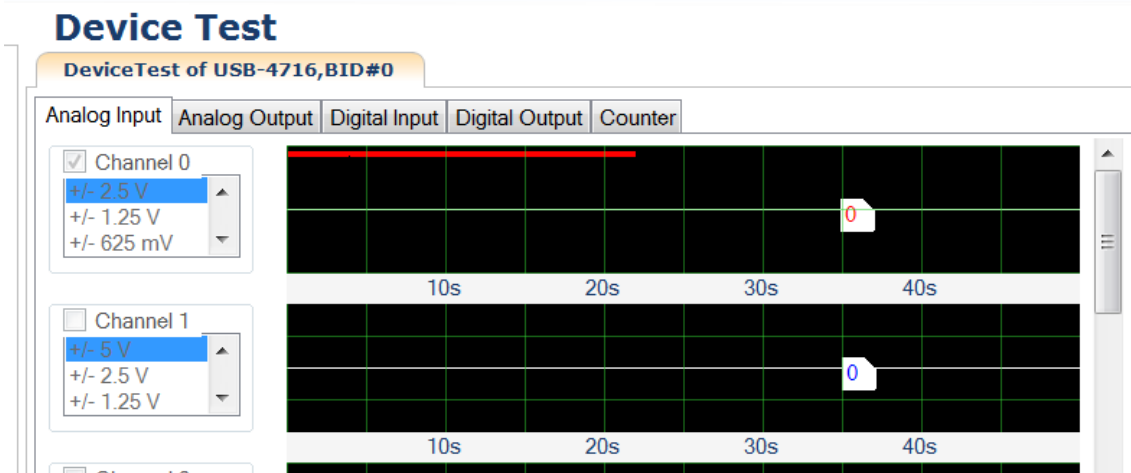


4.2.1.3. 2 mm² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı

Şekil 4.16: 2 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi

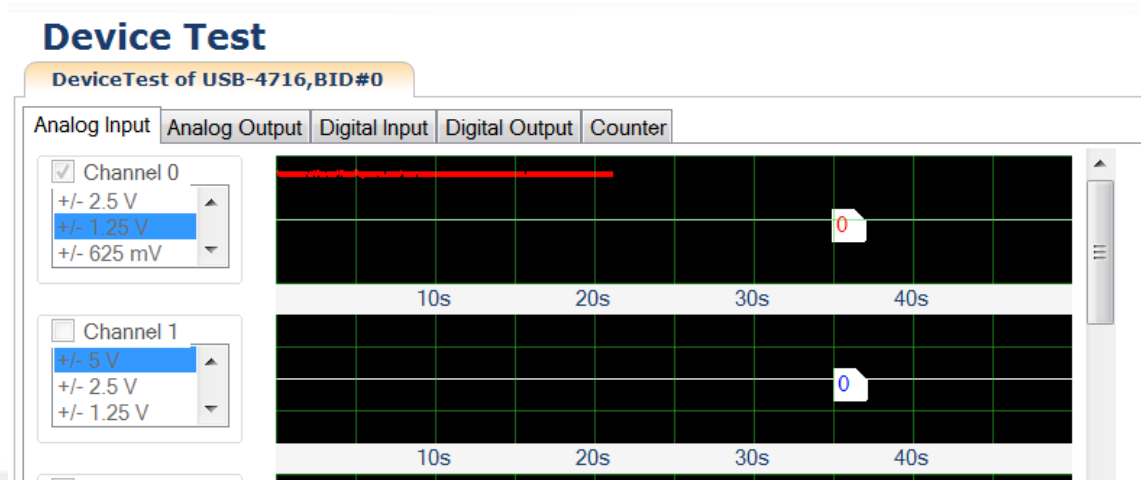


Şekil 4.17: 2 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi

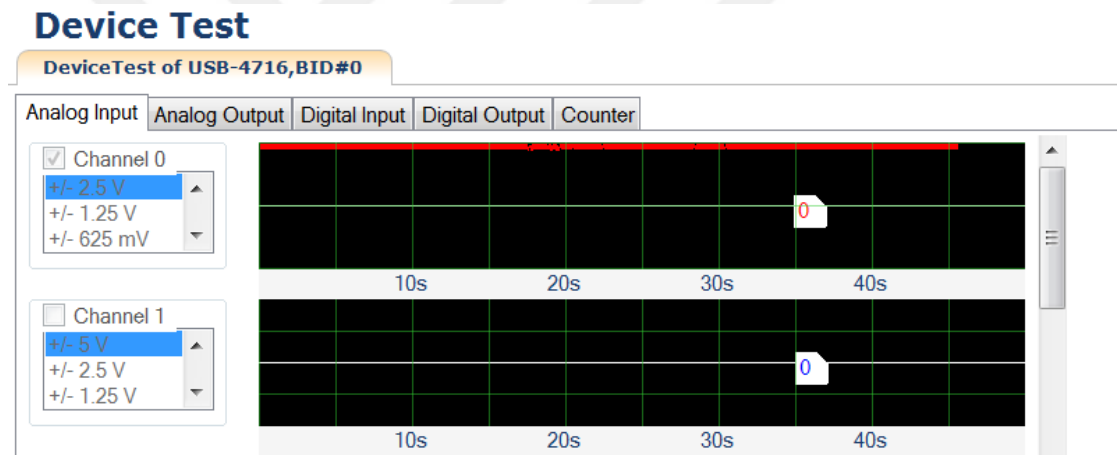


4.2.1.4. 6 mm² Kablo'nun Farklı Gerilimlerde Çıktısı

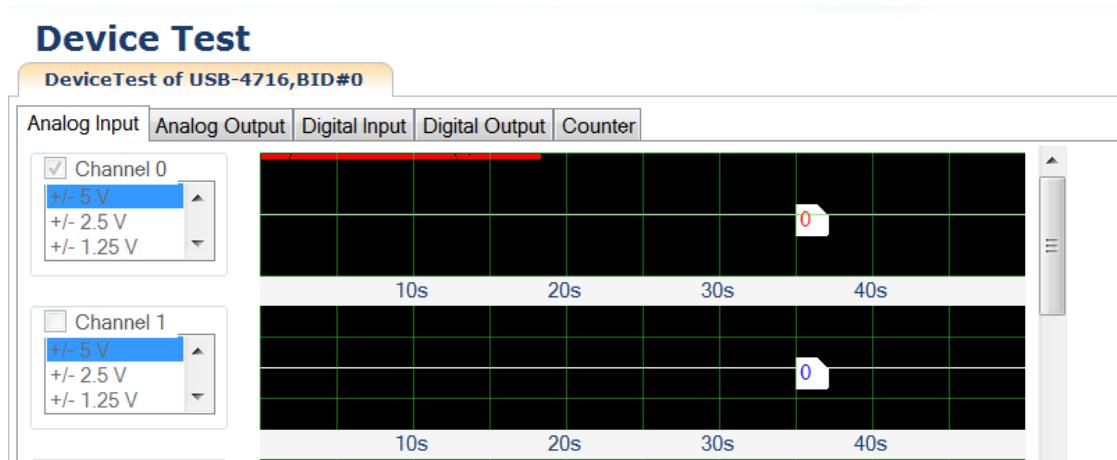
Şekil 4.18: 6 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 1 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.19: 2 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.20: 6 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



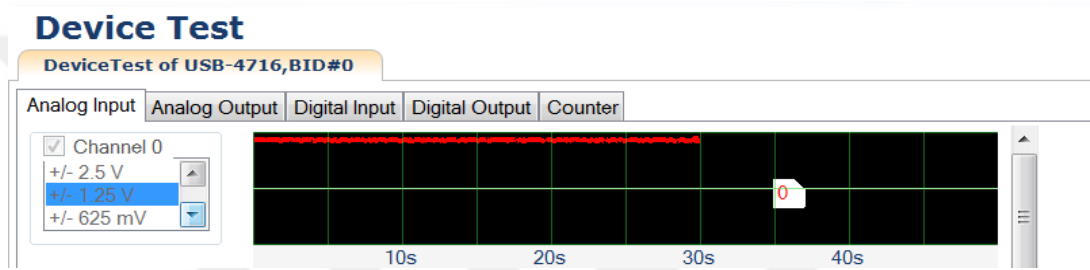
Şekil 4.6- Şekil 4.20 arasında verilen şekillerde farklı kesitlerin farklı çıkış gerilimleri gösterilmektedir.

En kalın kesitli 6 mm² ile en ince kesitli 0.5 mm² aynı gözükse de bu dış çap kalınlığından manuel olarak fiziksel farkı görülebilmektedir; fakat yakın kesitlerdeki değerlerin farkı göz yanılması oluşturabilmektedir. Göz yanılmasının önüne geçmek için alınan gerilim çıktıları değerlendirilmiştir.

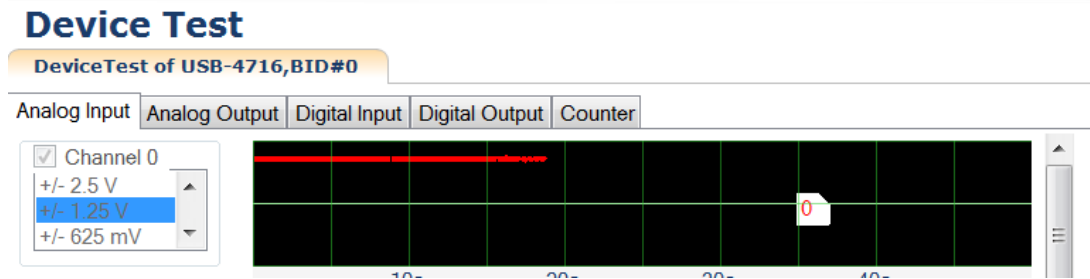
Yakın ölçüdeki kesitlere aynı gerilim uygularsak;

Aynı volt değerinde (1 volt) 0.5 ve 0.75 mm² kabloların çıkış gerilimi;

Şekil 4.21: 0.5 mm² Kablo Gerilim Kaynağından 1 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama

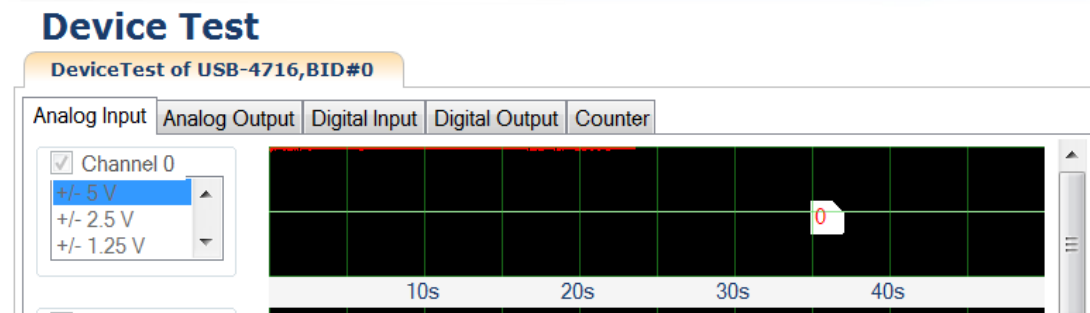


Şekil 4.22: 0.75 mm² Kablo Gerilim Kaynağından 1 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama

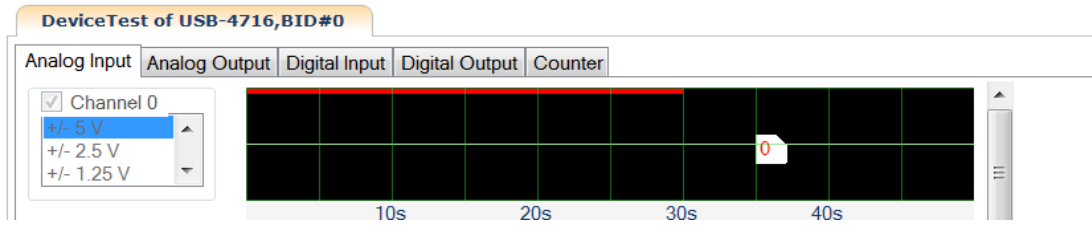


Aynı volt değerinde (5 volt) 0.5 ve 0.75 mm² kabloların çıkış gerilimi;

Şekil 4.23: 0.5 mm² Kablo Gerilim Kaynağından 5 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama

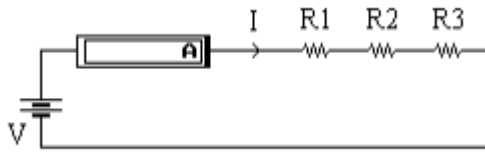


Şekil 4.24: 0.75 mm² Kablo Gerilim Kaynağından 5 Volt Test Uygulanınca Kıyaslama



Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'teki 0.5 ve 0.75 mm² lik kablolarda sinyallerin teorik olarak hesaplanmasına bakıldığında;

Şekil 4.25: Test Ortamının Devre Şeması



Kaynak: www.devreokulu.com, 2021.

Teoriye Göre Hesaplarsak;

$$V = 5 \text{ volt}$$

Yük olarak bağlanan direnç $R1 = 100 \text{ ohm}$

$$\text{Normalde sistemden geçen akım } \frac{5}{100} = 0.05 \text{ Amper}$$

0.5 mm² kesitinde kablo kullanınca (R2) tablodan 37.1(mohm) olduğunu görüyoruz (0.0371 ohm)

$$L = 5 \text{ metre (toplam kablo boyu)}$$

$$R2 = 37.1 \cdot 5 = 215.5 \text{ mohm} = 0.2155 \text{ ohm} \quad (4.1)$$

$$I = \frac{5}{(100 + 0.2155)} = 0.0498 \text{ Amper} \quad (4.2)$$

$$V = I \cdot R = 0.0498 \cdot 0.2155 = 0.0107 \text{ volt} \quad (4.3)$$

kadar gerilim düşümüne sebep olmaktadır.

Görüldüğü üzere 0.5 mm² kablo yaklaşık 0.0107 volt kadar gerilim düşümüne sebep olmaktadır.

0.75 mm² → Kablo bağlayınca (R3) tablodan 24.7(mohm) olduğunu görüyoruz.(0.0247 ohm)

$$L = 5 \text{ metre (toplam kablo boyu)}$$

$$R_3 = 27.4 \cdot 5 = 123.5 \text{ mohm} = 0.1235 \text{ ohm} \quad (4.4)$$

$$I = \frac{5}{(100 + 0.1235)} = 0.0493 \text{ Amper} \quad (4.5)$$

$$V = I \cdot R = 0.04993 \cdot 0.1235 = 0.0061 \text{ volt} \quad (4.6)$$

kadar gerilim düşümüne sebep olmaktadır.

Kablo yaklaşık 0.006142 Volt kadar gerilim düşümüne sebep olmaktadır.

2 hesaplamının sonucunda ;

0.5 ve 0.75 mm² kabloların kesiti arttıkça direnci düşüyor ve gerilimi düşüyor.

Tablo 4.2: 0.5 mm² ve 0.75 mm² Kablonu Değerlerinin Kıyaslanması

0.5 mm ² Kesitinde 5 metre Kablo	0.75 mm ² Kesitinde 5 metre Kablo
İletkenlik Direnci(ohm) 0.2155 ohm	İletkenlik Direnci(ohm) 0.1235 ohm
Gerilim Düşümü(volt) 0.0107 volt	Gerilim Düşümü(volt) 0.0061 volt

Yukarıdaki Tablo 4.2 de verilen değerler gerçek teorik değerlerdir. Test ortamında da ölçülen değerlerin bunlara yakın olması beklenir fakat kablonun iç direnci çok düşük olduğu için multimetrede iç direnç görülememekte ve kablonun üzerinde oluşan gerilim düşümü test cihazıyla verisel olarak tespit edilememektedir.

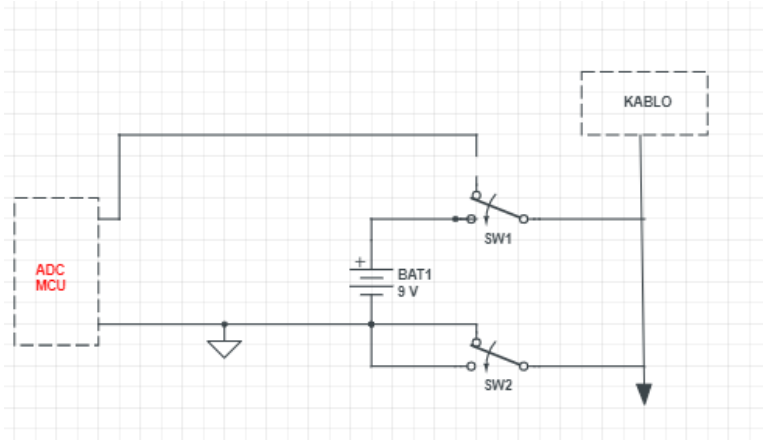
Kablonun başlangıç ve bitiş noktalarından alınan ölçü iç direnci çok düşük olduğu için multimetreden hassas sonuç elde edilememektedir.

Gerilimde dalgalanmaların olduğu Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'deki navigatör ekranlarından da gözlemlenmiştir.

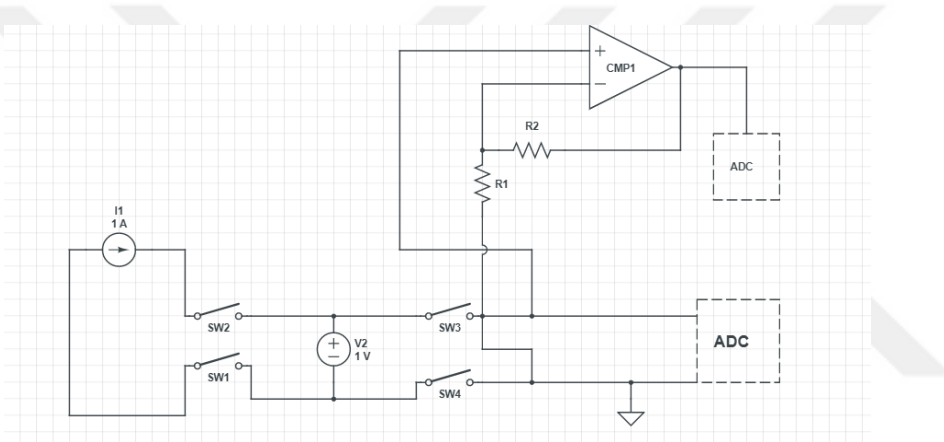
4.2.2. Kablolar Üzerindeki Gerilimin Multimetre İle Ölçülmesi

Yukarıdaki gibi numune olarak belirlenen kablonun 2 farklı noktasında kablo kesitinin üzerine düşen potansiyel farkı ölçmek için düzenek kurulmuş, düzenekte kabloların nötr hatları farklı verilerle multimetreden değerler alınmıştır. Multimetreden ölçülmeye çalışılan değerler çok hassastır.

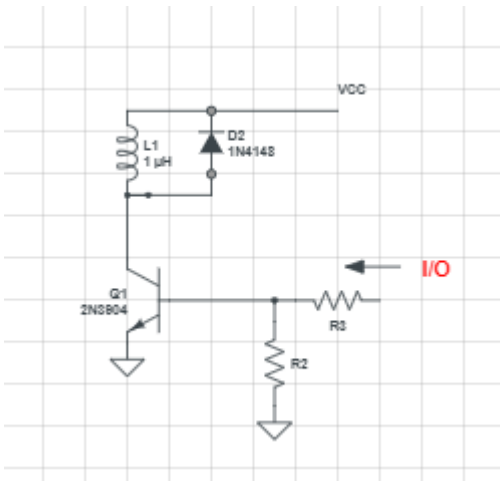
Şekil 4.26: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-1



Şekil 4.27: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-2



Şekil 4.28: Kablo Gerilimlerin Devre Tasarımı-3



Bağlantısı yapılan kablolar aynı nötr hattına bağlanınca değer görülememektedir. Bundan dolayı tasarımda farklı nötr hatları kullanılmıştır (Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28 ‘deki değerler örnek olarak gösterilmiştir).

Toplam 5 metre kablonun üzerinde gerilim ölçümü yapınca (nötr hat farklı);

Referans olarak alınan 5 metre uzunluğunda 4 mm² kabloya en küçük kesit olan 0.5 mm² kablo 2.5 metre uçlarına eklenerek sistem düzeneği kurulmuştur (Bu kez ekstra yük olarak kullandığımız direnç kullanılmadı).

İletkene Güç kaynağından 5A ve 2.5V besleme verilmiştir;

3 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır (3 farklı noktadan ölçüm alınmasının sebebi kablolar bakır iletkenlerdir ve iletim noktalarında potansiyel değişimi olur).

1) Multimetreden ölçülen değer başlangıç ve bitiş nokta uçlarında 784 milivolt olarak ölçülmüş,

2) 4 mm²+0.5 mm² kablonun birleşik noktalarında 120 milivolt olarak ölçülmüştür.

Bu 2 ölçülen değer küçük kesit dahil edilince ölçülen gerilim değerini ne kadar düşürdüğü gözlemlenmiştir (Toplam kesit artıyor).

Görüldüğü üzere tek kablonun üzerinde farklı noktalarda farklı değerler ölçülebilmektedir. Otomotiv sektöründeki kablolar çok telli kablolar olduğu için gözlemlenmeye çalışan değerler periyodik olarak değişmektedir.

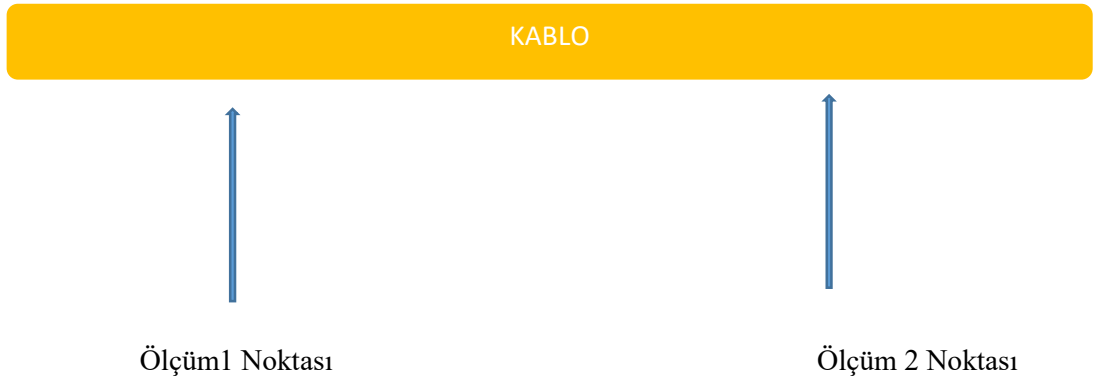
Şekil 4.29: Çok Telli Bakır İletken Flry Kablo



Kaynak: <https://deltatema.com.tr/prysmian-group/ozel-kablolar/otomotiv-kablolari/flry-a-flry-b/>, 2021.

Numune olarak seçilen kabloda farklı noktalar belirlenerek daha net sonuçlar elde edilebilir bulgusuna varılmıştır.

Şekil 4.30: Ölçüm Noktaları



Kablonun iletilen kısmında iç tarafında 2 nokta belirlenmiş, bu noktalardan ölçüm alınmış potansiyel farkı elde edilmiştir .

Referans Kablo Bilgileri;

- 4 mm² toplam 5 metre uzunluğunda Flry kablo
- Kablo üzerinde 2 nokta belirlenerek ölçüler referans alındı.
- 2.2 Volt değerinde beslemeden giriş değeri
- Ölçüm1-Ölçüm2 arasındaki uzunluk 387 cm

Bu 2 nokta arasındaki gerilim farkı ölçülünce 90.3 milivolt tespit edilmiştir.

Bu 2 nokta arasındaki bakır kablonun direncini hesaplar ise;

Bakır kablo öz direnci = $\delta = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega.m$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{(0.017 \left(\frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right) \cdot L(\text{m}))}{A(\text{mm}^2)} \quad (4.7)$$

$$R = \frac{(0.017 \cdot 3.87)}{4} = 0.0164 \text{ ohm} \quad (4.8)$$

Multimetrede kablonun iç direnci aşırı hassas olduğu için ölçülememektedir. Kesit alanını bildiğimiz için iç direnç değeri (4.7) deki formüle göre 0.0164 Ω/m olarak hesaplandı.

Kablo dairesel bir sistematik olduğu için kesit alanı dairenin dış çap alanı ile eşdeğer olduğu için bulunan değerler kesit alanından da hesaplanabilir. 2 formül birbirine eşlenince teorem olarak (4.9) ve (4.10) formüllerinden kablonun kesiti bulunabilir.

R: Kablonun iç direnci

r : Daire şeklindeki kablonun dış yarıçapı

$$A = \pi \cdot r^2 = \frac{(0.017 \cdot L)}{R} \quad (4.9)$$

$$r = \sqrt{\frac{(0.017 \cdot L)}{\pi \cdot R}} \quad (4.10)$$

$$V = I \cdot R \quad (4.11)$$

Bakır kablonun öz direnci $0.017 \Omega \cdot m$ 'dir . (4.12) formülünde de görüldüğü üzere bakır kablonun kesiti arttıkça kablonun iç direnci düşmektedir

$$R = \frac{0.017 \cdot L}{A} \quad (4.12)$$

Altındaki kablo kesitleri tablosunu da incelediğimizde de kablo kesitleri arttıkça kablo dış çap aralığının arttığı ve kablonun içinde bulunan çok telli bakır tellerinin her birinin tel çap kalınlığı arttığı görülmektedir.

İletken dirençleri de incelendiğinde kablo kesiti arttıkça iletkenlik direnci düşmekte ve bu direnç metre bazında doğru orantılı değiştiği (4.9),(4.10),(4.11) ve (4.12)'deki teorik formülle kanıtlanmaktadır. Bu iletkenlik direnç farkı kablonun üzerinden geçen gerilimi doğru orantılı olarak değiştirir yani kesit arttıkça direnç değeri düşmekte, direnç düştükçe kablo üzerinden geçen gerilim, yüksek kesitli kabloya göre daha düşük değer almaktadır.

Bu teoremin doğrulanması için yapılan çalışmada 1.25 mm^2 , 2.5 mm^2 , 3 mm^2 ve 4 mm^2 4 adet numune kablo seçilmiş, bu numuneler üzerinden test ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.3: Kablo Kesit Bilgileri

Kablo Tipi	Kesit (mm ²)	Kablo Dış Çap Aralığı (mm)	Maksimum İletken Çap (mm)	Tel Adedi	Tek Tel Çapı Aralığı (mm)		20°C'deki Maksimum İletken Direnci (mΩ/m)	
					Çıplak Bakır	Kalaylı Bakır	Çıplak Bakır	Kalaylı Bakır
FLRY (İnce İzoleli Kablo)	0,35	1,30 - 1,40	0,80	7	0,245 - 0,251	-	54,4	-
	0,5	1,55 - 1,65	1,00	16	0,190 - 0,196	-	37,1	-
	0,75	1,85 - 1,95	1,20	24	0,190 - 0,196	-	24,7	-
	0,85	1,85 - 1,95	1,20	11	0,313 - 0,319	-	20,8	-
	1	1,95 - 2,05	1,35	32	0,190 - 0,196	-	18,5	-
	1,25	2,15 - 2,25	1,50	16	0,313 - 0,319	-	14,7	-
	1,5	2,25 - 2,35	1,70	30	0,240 - 0,246	-	12,7	-
	2	2,60 - 2,70	1,90	28	0,290 - 0,296	-	9,42	-
	2,5	2,70 - 2,90	2,20	50	0,240 - 0,246	-	7,60	-
	3	3,00 - 3,20	2,40	44	0,290 - 0,296	-	6,00	-
	4	3,40 - 3,60	2,75	56	0,290 - 0,296	-	4,71	-
	5	4,00 - 4,20	3,10	70	0,295 - 0,301	-	3,84	-
	6	4,00 - 4,20	3,30	84	0,290 - 0,296	-	3,14	-
	10	5,50 - 6,00	4,50	80	0,395 - 0,401	-	1,82	-
	16	7,00 - 7,50	6,00	126	0,385 - 0,391	-	1,16	-
	50	12,40 - 12,60	10,50	396	0,395 - 0,401	-	0,368	-
70	14,30 - 15,50	12,50	340	0,485 - 0,491	-	0,259	-	
95	16,50 - 17,00	14,80	475	0,485 - 0,491	-	0,196	-	

Kaynak: <http://www.uecables.com/1026-flry-b-thin-wall-reduced-insulation-thickness-automobile-wire.html>, 2021.

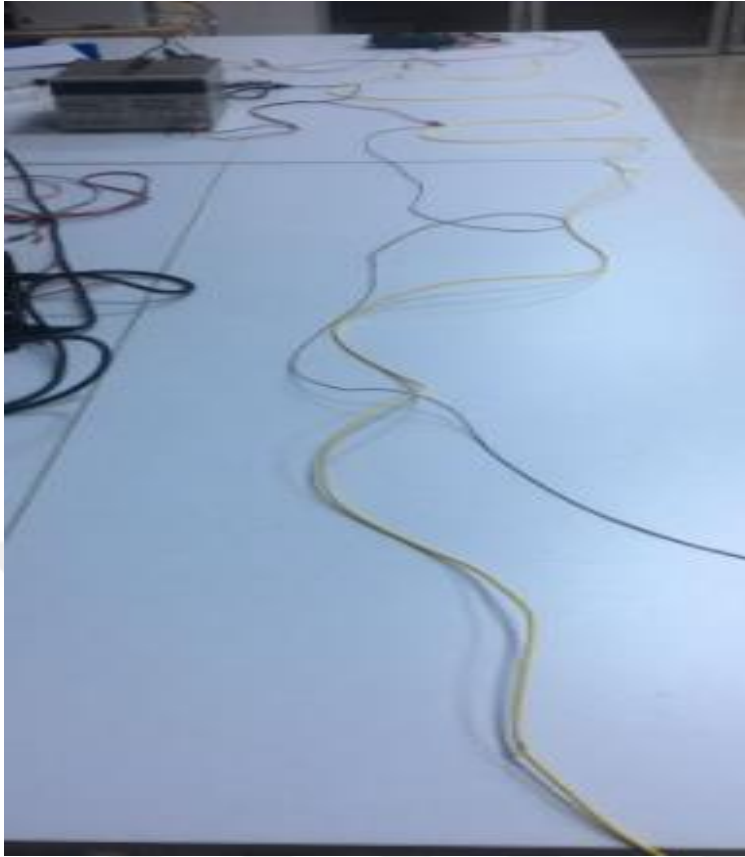
Tablo 4.3'te iç direnç ölçümü işletmelerin daha önce kullanmış olduğu ohm ölçer cihazla laboratuvar ortamında test edilerek oluşturulmuştur.

Tablo 4.3'ten 4 mm² kablo için 4.71(ohm/m) olduğu gözüküyor yaklaşık kablo boyu 4 metre olduğu için;

$$0.0164/4 = 4.111 \text{ m}\Omega/\text{m} \text{ olduğu doğrulanmıştır.}$$

Yanlış kablo kesiti, kablo üzerinden geçen akımın sebep olduğu gerilim düşümü sonucuna bakılarak test edilmiştir.

Şekil 4.31: Numune Kabloları Beslemeden Güç Verilince Ölçüm Alınan Ortam



Ölçüm için aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır.

Yöntem1.a

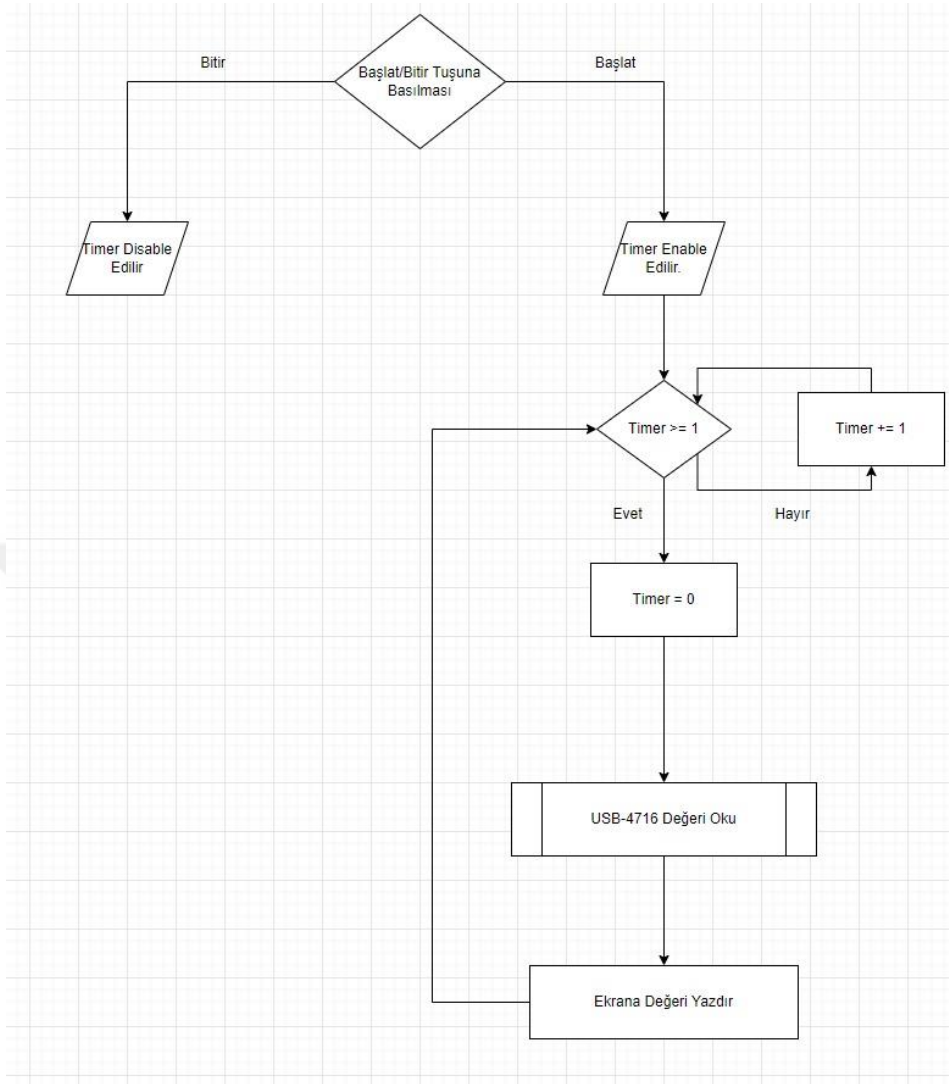
Yöntem1 deki işaret çıkışlarının değeri tam ölçülebilmesi için üzerine Visual Studio programıyla C Sharp diliyle bir arayüz yazıldı. Bu yöntemle doğrudan kablo üzerindeki gerilimin çıkış değeri izlenebilmektedir.

Usb-4716 Advantech kartın Kanal 1'inden veriler bilgisayara aktarılmıştır ve multimetre ile ölçülemeyen hassas değerler görülebilmektedir.

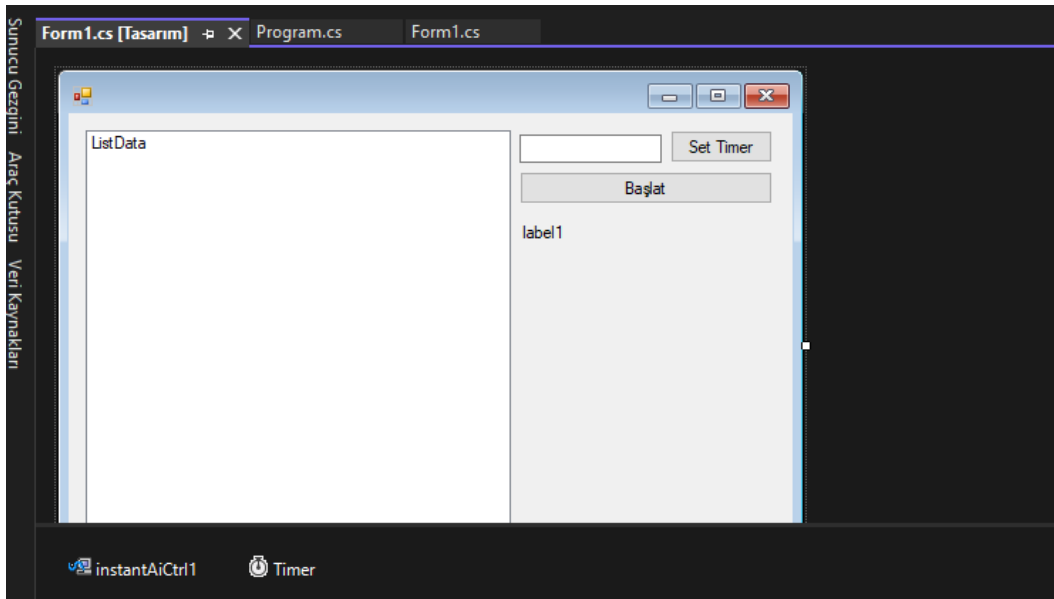
Program Akış Diyagramı

Şekil 4.32'de arayüz programının akış şeması verilmekte olup, program bu akış şemasına göre yazılmıştır.

Şekil 4.32: Program Akış Diyagramı



Şekil 4.33: Program Form Arayüzü



Program.cs Kodu

C Sharp dilinde form Ekranında buton,list,timer,label gibi yardımcı fonksiyonlar ile arayüz oluşturuldu

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
namespace WindowsFormsApp2
{
    static class Program
    {
        /// <summary>
        /// Uygulamanın ana girdi noktası.
        /// </summary>
        [STAThread]
        static void Main()
        {
            Application.EnableVisualStyles();
            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
            Application.Run(new Form1());
        }
    }
}

```

Form1.cs Kodu

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

```

```

using System.Windows.Forms;
using Automation.BDAQ;
namespace WindowsFormsApp2
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        #region Variable
        double[] m_dataScaled;
        public delegate void UpdateUIDelegate();

        public bool isRun = false;
        public int counter = 2;
        object misValue = System.Reflection.Missing.Value;
        #endregion

        #region Initialize
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            m_dataScaled = new double[1024];
        }
        #endregion

        #region Update Data
        private void updateUI()
        {
            ListData.Items.Add("Channel 0 : " + m_dataScaled[0].ToString());
            ListData.Items.Add("-----");
        }
        #endregion

        #region Btn Start

        private void BtnStart_Click(object sender, EventArgs e)
        {

```

```

        if (isRun)
        {
            isRun = false;
            BtnStart.Text = "Başlat";
            Timer.Enabled = false;
        }
        else
        {
            isRun = true;
            BtnStart.Text = "Durdur";
            Timer.Enabled = true;
        }
    }
}

#endregion
#region Refresh Value
private void Timer_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    lblMessage.Text = "" + instantAiCtrl1.Read(0,
instantAiCtrl1.ChannelCount, m_dataScaled);
    Invoke(new UpdateUIDelegate(updateUI));
}
#endregion

#region Set Timer Interval
private void BtnSetTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Timer.Interval = Int32.Parse(TbIntervalValue.Text);
}
#endregion
}
}

```

Test Aşaması

İlgili kod hazırlandıktan sonra 4 farklı kablo kesiti numune olarak seçilmiştir.

1.25 mm², 2.5 mm², 3 mm² ve 4 mm² kablolar Usb-4716 kartına bağlanarak Advantech Daq Navigator ekranından gerilim işaretlerinin farkı elde edildi.

Ancak işaretlerin hassasiyetin net bir şekilde elde edilmesi program tarafından sağlanmıştır.

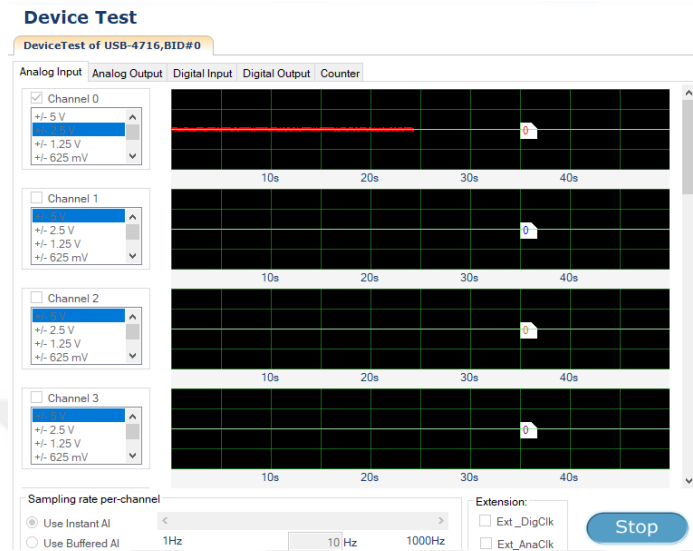
Şekil 4.34: 1.25 mm² , 2.5 mm² , 3 mm² ve 4 mm² Kabloların Test Ortamı



Yöntem 1.a.1

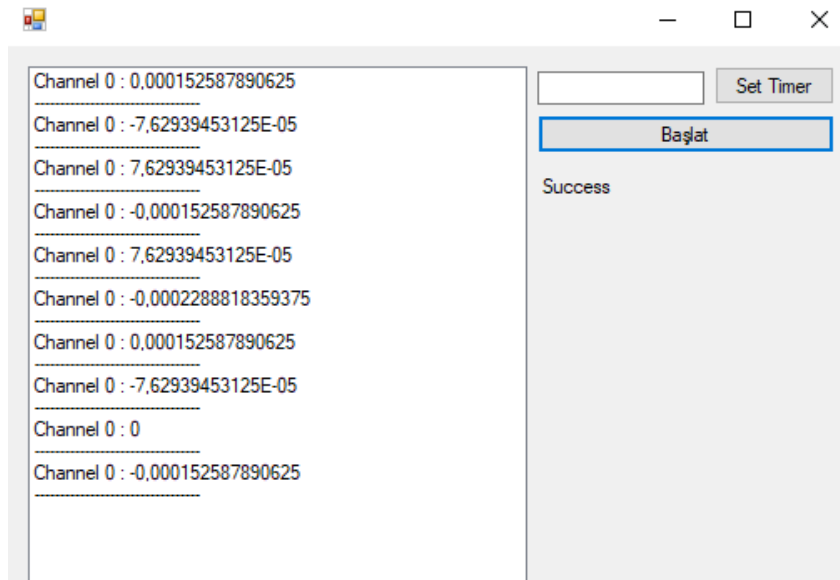
2,5 Volt Analog İntput İle 1.25 mm² Kablonun Sinyal ve Gerilim Tespiti

Şekil 4.35: 1.25 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.35'teki işaret çıkışında iletken gerilimleri görülmekle birlikte net değerler elde edilememiştir. Program vasıtası ile 15 dijital hassasiyete sahip ölçüm değerleri elde edilmiştir .

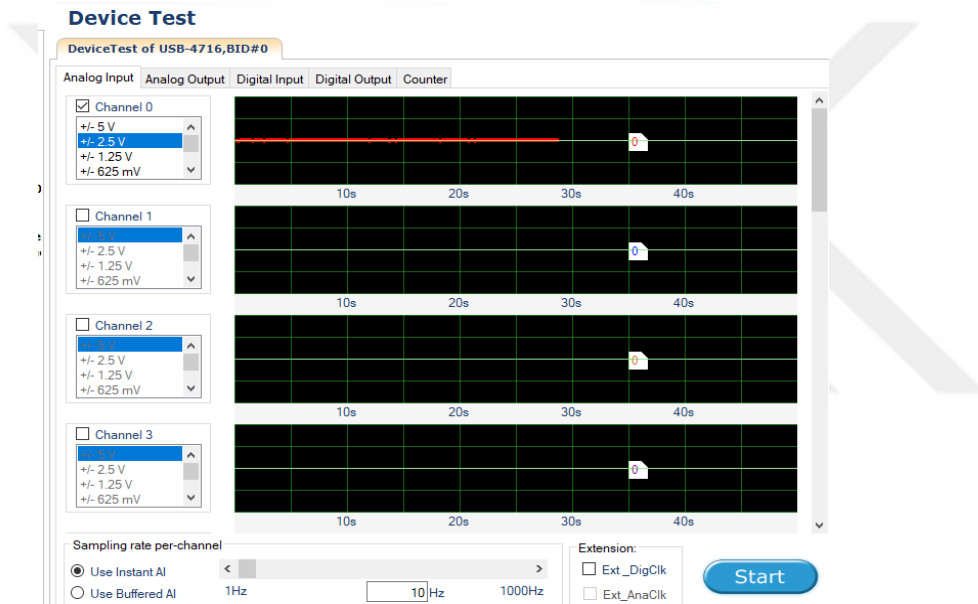
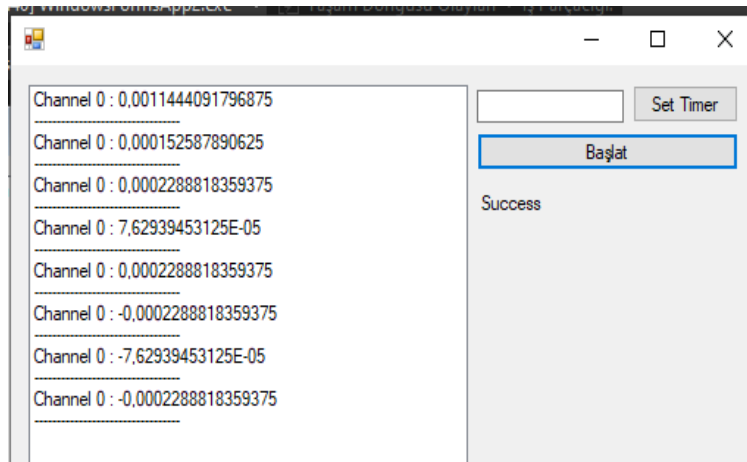
Şekil 4.36: 2.5 Volt Giriş Verilince 1.25 mm² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim



Channel 0 'daki gelen diğer değerler anlık olarak alınmaktadır. Negatif değer göstermesinin sebebi Usb-4716 kartının (+/- 2.5 Volt) besleme vermesinden kaynaklanmış olup dijital değerlerin küçültülmesi bu hatayı bertaraf edebilmektedir .

Tablo 4.4: 1.25 mm² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716 'da Okunan Gerilim

USB 4716 GİRİŞ DEĞERİ 2,5 Volt Giriş	Kablo Üzerinde Channel 0 'da Okunan Değer
Okunan 1. Değer	0.000152
Okunan 2. Değer	-7.62939e-05
Okunan 3. Değer	7.62939e-05
Okunan 4. Değer	-0.000152
Okunan 5. Değer	7.62939e-05
Okunan 6. Değer	-0.0002288
Okunan 7. Değer	-0.000152

Yöntem 1.a.2**2,5 Volt Analog Input İle 2.5 mm² Kablonun Sinyal ve Gerilim Tespiti****Şekil 4.37: 2.5 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi****Şekil 4.38: 2.5 Volt Giriş Verilince 2.5 mm² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim**

2.5 Volt giriş verilince 2.5 mm² kesitindeki kablodan okunan gerilim değeri 0.00114 Volt görülmektedir. Kablonun iç direnci çok düşük olduğu için alınan değerler de küçük değerlerdir.

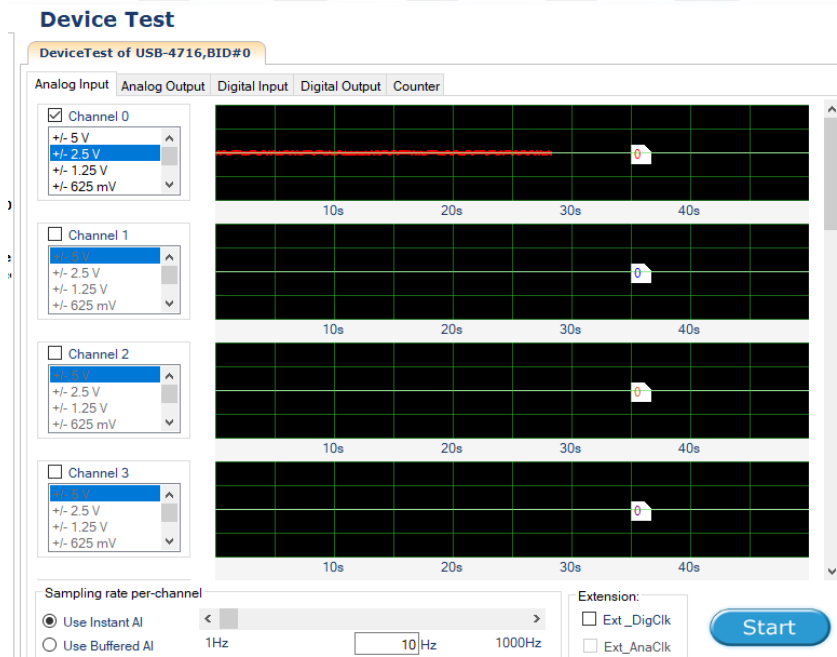
Tablo 4.5: 2.5 mm² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716'da Okunan Gerilim

USB 4716 GİRİŞ DEĞERİ 2,5 Volt Giriş	Kablo Üzerinde Channel 0 'da Okunan Değer
Okunan 1. Değer	0.001144
Okunan 2. Değer	0.000152
Okunan 3. Değer	0.000228
Okunan 4. Değer	7.62939e-05
Okunan 5. Değer	0.0002288
Okunan 6. Değer	-0.0002288
Okunan 7. Değer	-7.62939e-05

Yöntem 1.a.3

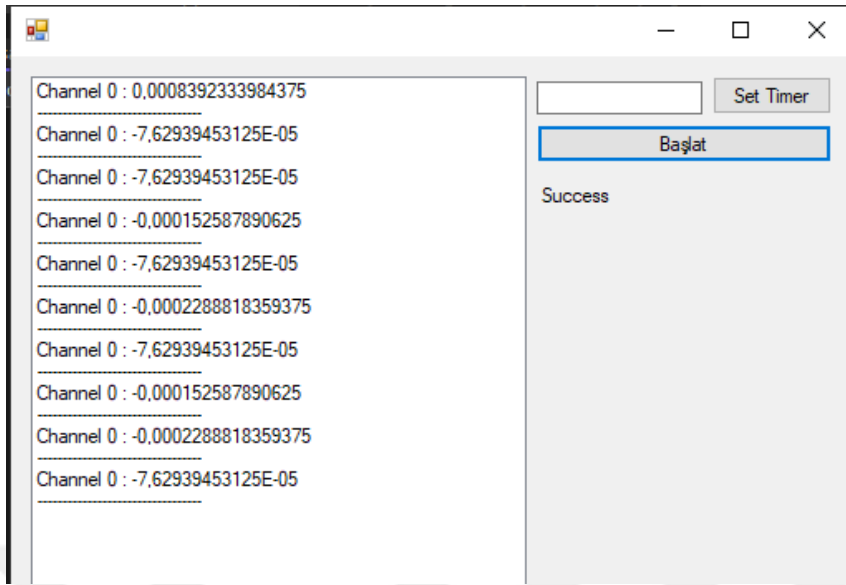
2.5 Volt Analog İntput İle 3 mm² Kablonun Sinyal Ve Gerilim Tespiti

Şekil 4.39: 3 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



3 mm² iletkene uygulanan gerilim sonucu işaret çıkışında da gözüktüğü gibi dalgalanmalara sebep olmaktadır. Bu dalgalanmalardaki sonuçlar Şekil 4.40 program çıktısında gözükmemektedir.

Şekil 4.40: 2.5 Volt Giriş Verilince 3 mm² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim



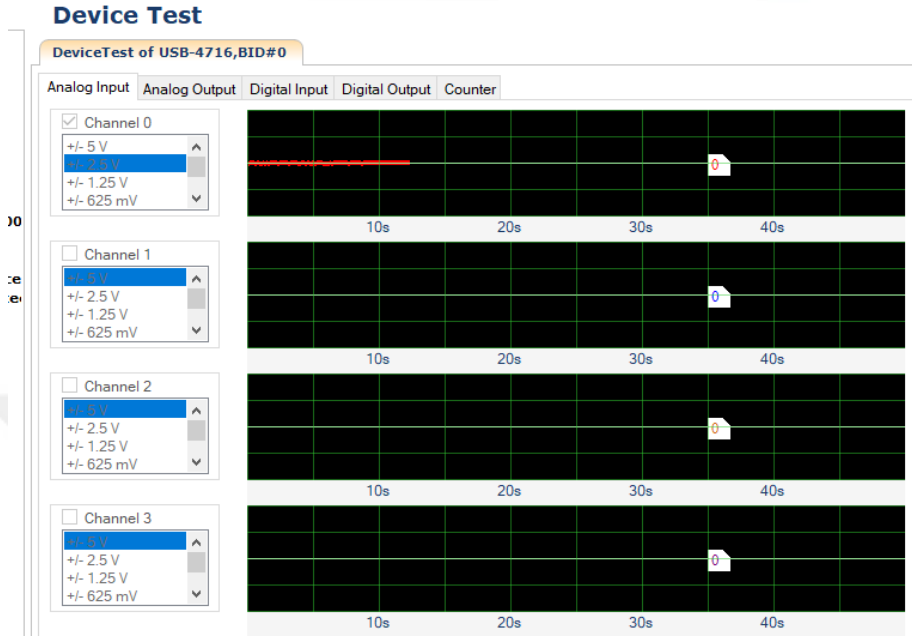
Tablo 4.6: 3 mm² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716 ‘da Okunan Gerilim

USB 4716 GİRİŞ DEĞERİ 2,5 Volt Giriş	Kablo Üzerinde Channel 0 ‘da Okunan Değer
Okunan 1. Değer	0.000839
Okunan 2. Değer	-7.629394 e-05
Okunan 3. Değer	-7.629394 e-05
Okunan 4. Değer	-0.000152
Okunan 5. Değer	-7.629394 e-05
Okunan 6. Değer	-0.000228
Okunan 7. Değer	0.000228

Yöntem 1.a.4

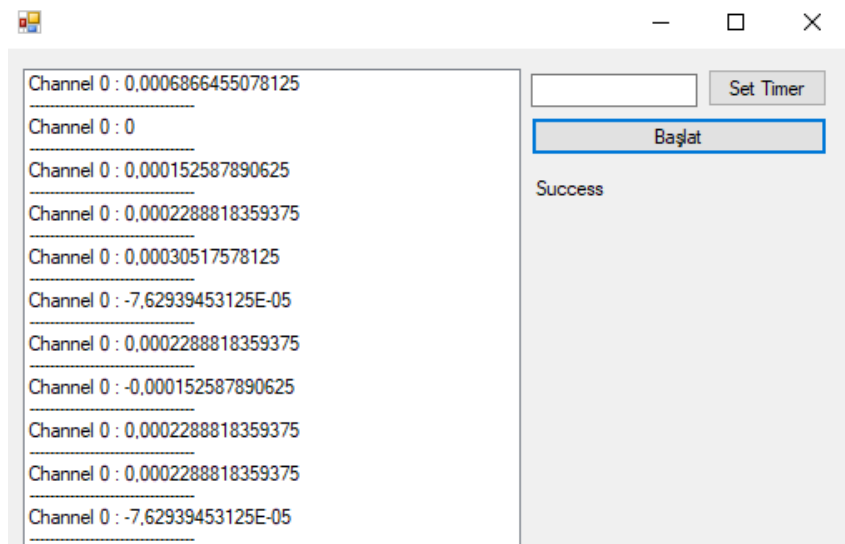
2.5 Volt Analog İntput İle 4 mm² Kablonun Sinyal Ve Gerilim Tespiti

Şekil 4.41: 4 mm² Çapına Sahip İletkene Uygulanan 2.5 Volt Gerilimin Test Edilmesi



Şekil 4.42 'de program çıktısı, ölçümü alınan kablonun arayüz programı kullanılarak alınan sonucu vermektedir.

Şekil 4.42: 2.5 Volt Giriş Verilince 4 mm² Kesitindeki Kablodan Okunan Gerilim



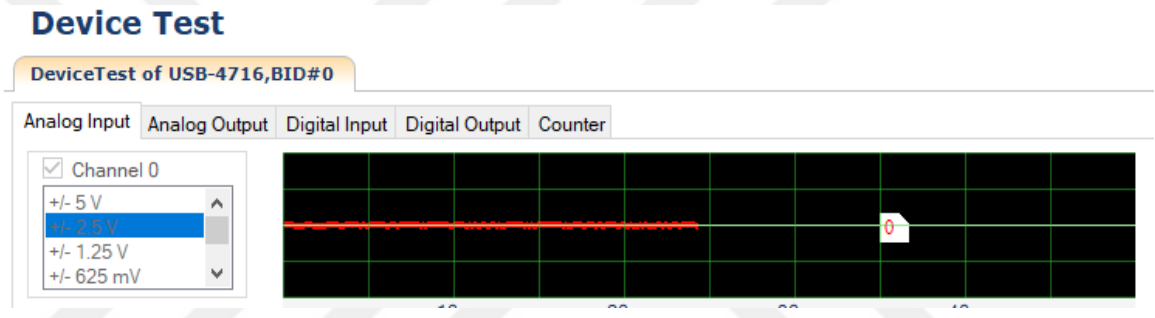
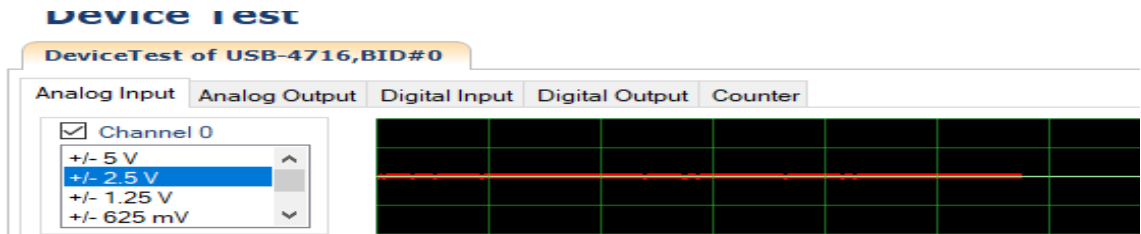
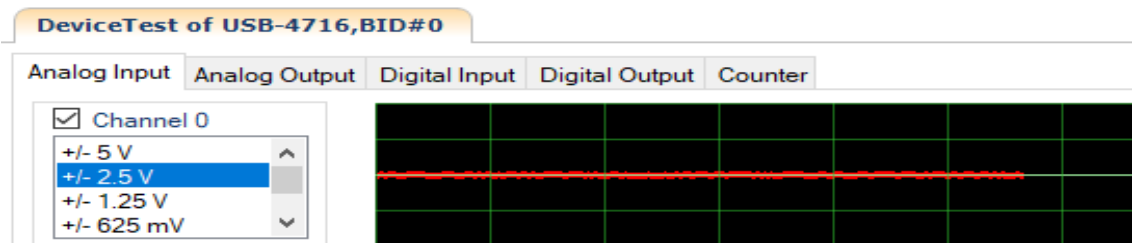
2,5 Volt giriş verilince 4 mm² kesitindeki kablodan okunan gerilim değeri 0.000686 Volt olarak elde edilmiştir. Kablonun iç direnci çok düşük olduğu için alınan değerler küçük değerlerdir.

Tablo 4.7: 4 mm² Kesitindeki Kablo Üzerinde Usb 4716'da Okunan Gerilim

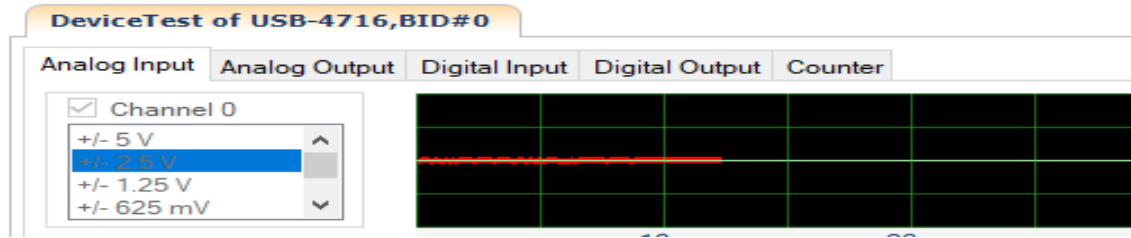
USB 4716 GİRİŞ DEĞERİ 2,5 Volt Giriş	Kablo Üzerinde Channel 0 'da Okunan Değer
Okunan 1. Değer	0.000686
Okunan 2. Değer	0
Okunan 3. Değer	0.000152
Okunan 4. Değer	0.000228
Okunan 5. Değer	0.000305
Okunan 6. Değer	-7.629394 e-05
Okunan 7. Değer	0.000228

Test Sonuç ve Kıyaslaması

1.25 mm² , 2.5 mm² ,3 mm² , 4 mm² kabloların işaret farkı Usb 4716 kartı ile net sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4.43: 1.25 mm² Kesitindeki Kablo**Şekil 4.44: 2.5 mm² Kesitindeki Kablo****Şekil 4.45: 3 mm² Kesitindeki Kablo**

Şekil 4.46: 4 mm² Kesitindeki Kablo



Şekil 4.43, Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46 'da işaret çıkışlarının kıyaslanması incelenecek olursa, kablo kesiti artınca kablonun iç direnci daha düşük olduğu için sinyalde dalgalanmalar daha çok artmaktadır.

2.5 Volt giriş verilmesine rağmen 0'a yakın değerlerde iniş çıkışlar gözlemlenmiştir. Bu kablonun değerinin farklı olduğu gözlemleniyor fakat asıl net değerler yapılan program sayesinde tespit edilebilmektedir. Bu değerler ortamdaki parazitlerden ve kablonun etrafındaki etmenlerden farklı ölçümlerde etkilenebilir.

Tablo 4.8: Numune Olarak Seçilen Kablo Değerlerinin Kıyaslanması

1.25 mm ² Kablo	2.5 mm ² Kablo	3 mm ² Kablo	4 mm ² Kablo
0.000152	0.001144	0.000839	0.000686
-7.62939e-05	0.000152	7.629394 e-05	0
7.62939e-05	0.000228	-7.629394 e-05	0.000152
-0.000152	7.62939e-05	-0.000152	0.000228
7.62939e-05	0.0002288	-7.629394 e-05	0.000305
-0.0002288	-0.0002288	-0.000228	-7.629394 e-05

Tablodaki değerler Usb-4716 kartının Channel 0'ında kablo üzerinden geçen gerilim değerleridir. Bu değerler göz önünde bulundurularak incelenirse ;

- Kablonun kesit alanı artınca gerilimin azaldığı görülmektedir .
- Görüldüğü üzere kablo kesiti artınca direnç eşitlik (eşitlik 4.13'e) göre düşer.

Bakır iletkenin öz direnci 0.017 Ω.m 'dir. Bakır kablonun kesiti arttıkça kablonun iç direnci düşmektedir. Direnç düşüncü de, kablonun gerilimi düşmektedir.

$$R = \frac{0.017 \cdot L}{A} \quad (4.13)$$

$$V = I \cdot R \quad (4.14)$$

İşletmelerde tesisat hazırlık aşamasına gelen kablolar kablo kesitlerine göre ayrılmaktadır. Kablolar kullanılacak tesisatın konumlarına göre ayarlandıktan sonra işleme alınmaktadır.

Şekil 4.47: İşletmeler Kablo Hazırlama Bölümü



Mevcut durumda Şekil (4.47) görüldüğü gibi operatörün kabloları elle ayırması esnasında yaptığı bir hata üretimin son aşamasına kadar devam etmektedir. Tesisat Şekil 4.48'deki örnekte verildiği gibi tamamlandıktan sonra kontrol aşaması için kalite birimine gelmektedir. Kalite biriminde operatörün kontrolü esnasında fark edilince tüm işçilik, zaman kaybı ile birlikte hurda kablolar ile tüm prosesin yeniden başlaması gerekmektedir.

Şekil 4.48: Otomotiv Tesisatı Örneği



Kaynak: <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>, 2021.

Kurulan sistem ile kullanılması için ayrılan kabloların gerilimleri ölçülerek hatalı yerleşen kablolar analiz edilmekte ve bu sayede daha fazla zaman, işçilik kaybı ve hurda kablo oluşmasının önüne geçilebilmektedir.



SONUÇ

Otomotiv Sektöründe kullanılan Flry tipteki kabloların kesitlerinin tespitinin yapıldığı çalışmada, tesisatlarda kullanılan ana malzeme olan kablonun doğru kesitte kullanıldığından emin olunması en önemli kalite kontrol faktörlerinden biridir. Yapılan çalışmada, literatürlerden yararlanarak test sonuçlarının yardımı ile kablo kesitlerin farkları gerilim farkı yöntemiyle ortaya konulmuştur.

Hatalı kablo kesitinin kullanılması durumunda tesisatta ortaya çıkacak sorunların önüne geçilebilmesi için, serideki tüm tesisatlar numune tesisat değerleriyle kıyaslanarak, seri tesisattaki hata oranı sifira düşürülmeye çalışılmaktadır.

İşletmelerde tesisatların kabloları verilen kesit değerine göre hazırlanmaktadır. Kesimi yapılan kabloların soketlenmesi, robotik ya da otomatik sistemler olmaksızın üretim çalışanları tarafından gerçekleştirilmektedir. Eğer çalışan kabloyu yanlış kablo setinden kullanır ise (Örneğin: 0.75 yerine 1 mm lik kablo kullanılmış ise) bu kablonun doğruluğunun kontrolü mevcut test masasında sağlanamamaktadır. Kalite biriminden sorunsuzca kontrol edilmiş gibi görünse de, tesisat için iade talep edilmektedir özellikle yurtdışı firmaları bu konuda çok hassas davranmaktadırlar. Kalite biriminde işçilik zamanını kısaltan bu çalışma, tesisatların kontrol zamanlarını tesisat başı minimum 60 dk'dan 15 dk'ya düşürmüştür.

Yanlış kablo kesitinin kullanılmasının sonuçlarından en önemlisi; akım ve sıcaklık gibi iletkenliği etkileyen unsurları etkilediği için araçta ekipmanların çalışmamasına veya eksik çalışmasına sebebiyet vermesidir. Ayrıca çalışırken kablonun ısınarak erime ihtimali ortaya çıkar.

Otomotiv sektörü sürekli büyüyen bir dünya ve bu dünyada teknoloji her geçen gün gelişmekte ve büyümektedir. Bu gelişen dünyaya yönelik yapılan bilimsel çalışmalar, sektörün büyümesine ve çalışmaların ilerlemesini sağlamaktadır. Yapılan çalışma bu sektörün iş yükünü hafifleterek, maliyetin azaltılmasını sağlamıştır. Geliştirilmeye yönelik olan bu çalışma bilimsel ve akademik olarak etkinliği izlenebilir.

KAYNAKÇA

- Advanced Product Quality Planning. (2021, 5 Aralık). Erişim Adresi: [http://www.gelisim.org/makaleler/Ileri%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Kalite%20Planlamasi%20\(APQP\).pdf](http://www.gelisim.org/makaleler/Ileri%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Kalite%20Planlamasi%20(APQP).pdf).
- Araç Kabloları. (2021, 20 Aralık). Erişim Adresi: <https://www.reimo.com/tr/kamp-malzemeleri/karavan-elektrik-malzemeleri-akueler/12v-kabel-kabelverbinder-usw./16076/araba-kablosu-renk-siyah-10-mm>.
- Aydın, T. (2004). *Bulanık mantık sınıflandırmadan yararlanarak kablo malzemesi seçimi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elektrik Kablo Çeşitleri. (2021, 27 Kasım). Erişim Adresi: <https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/elektrik-kablo-cesitleri-15620/>.
- Flry Tip Kablolar. (2021, 5 Kasım). Erişim Adresi: <https://deltatema.com.tr/prysmian-group/ozel-kablolar/otomotiv-kablolari/flry-a-flry-b/>.
- Flry-B Technical Data. (2021, 10 Aralık). Erişim Adresi: <http://www.uecables.com/1026-flry-b-thin-wall-reduced-insulation-thickness-automobile-wire.html>.
- Kablo İletkenin Direnci. (2021, 27 Kasım). Erişim Adresi: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/1418/1/4059.pdf>.
- Kablo Kesiti Hesaplanması. (2021,16 Aralık). Erişim Adresi: <https://tr.prysmiangroup.com/>.
- Kablo Malzemesinin Seçimi. (2021, 1 Kasım). Erişim Adresi: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/1391/1/2822.pdf>.
- Kablo Seçimi. (2021,12 Ekim). Erişim Adresi: <https://www.elektrikrehberiniz.com/kablo/kablo-secimi-15851/>.
- Kablo Tanımı ve Özellikleri. (2021, 16 Ekim). Erişim Adresi: <https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>.
- Kablo Tanımı ve Yapısal Özellikleri. (2021, 1 Aralık). Erişim Adresi: <https://www.etmd.org.tr/kablo-tanimi-ve-yapisal-ozellikleri-1-bolum/>.

- Kahraman, F. (1998). *Otomotiv sanayi ve kalite sistem gerekleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karakuş, D. Ç. (2001). *Kalite fonksiyonlarını geliştirme, olası hata türü ve etkileri analizi ve deneylerin tasarımı tekniklerinin entegre kullanımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Komax Kesim Makinası Arayüzü. (2021, Aralık 10). Erişim Adresi: <https://www.mecanizadosjll.com/komax-alpha-530>.
- Komax Kesim Makinası. (2021, 12 Aralık). Erişim Adresi: <http://www.unitek-elektrik.com/projeler/35/komax-alpha-530-otomatik-kablo-krimpleme>.
- Otomotiv Elektrik Tesisatı Parçaları. (2021, 13 Kasım). Erişim Adresi: <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>.
- Otomotiv Tesisatı Teknik Resim. (2021, 14 Ekim). Erişim Adresi: <https://www.alikogel.com.tr/index.php/2021/11/10/uno-sxie-elektrik-tesisat-semalari/>.
- Price, C. J., Snooke, N. A., & Lewis, S. D. (2006). A layered approach to automated electrical safety analysis in automotive environments. *Computers in Industry*, 57(5), 451-461.
- Resistomat 2316 Cihazı. (2021, 12 Aralık). Erişim Adresi: https://burstercablemeasurement.com/wp-content/uploads/2016/08/2316_EN.pdf.
- Tamamlanmış Araç Tesisatı. (2021, 28 Aralık). Erişim Adresi: <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/09/oto-elektrik-tesisati-parcalari-devre-elemanlari.html>.
- USB-4716 Kartın Tasarımı. (2021, 20 Aralık). Erişim Adresi: <https://www.advantec.com>
- USB-4716 User Manual. (2021, 19 Aralık). Erişim Adresi: https://www.advantech.com/products/1-2mlkno/usb-4716/mod_a3ab933c-c6d3-49eb-9d25-58cacecdef7a.
- Uzun, U. E., Karademir, T., Pamuk, N. & Nevzat, O. N. (2021). Methods and devices used in determining the quality of electric wires terminal crimping. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 221-227.

DİZİN**A**

Araç Tesisatları, iv

H

Hammadde, 2

K

Kablo, iv, v, xiv, 3, 9, 10, 13, 15, 16,
21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34,
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 66,
67

Kalıp, v

Kalite, v, xiv, 6, 7, 8, 66, 67

Kapasite Analizi, 8

Kesit, v, 29

O

Otomotiv, v, 1, 2, 3, 18, 19, 22, 24, 66,
67

Otomotiv Sektörü, 18, 24, 66

P

Prosedür, 6

Proses Denetimi, 8

Proses Tasarımı, 8

T

Teknik Resim, 9

Terminal, v, vi

Tesisat, 13