

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ AMAÇLI TURNİKE SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdem İnanç BUDAK

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman EROĞUL

ARALIK 2017

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Anabilimdalı Başkanı

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 141711005 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Erdem İnanç BUDAK**'ın ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ASKERİ AMAÇLI TURNİKE SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**” başlıklı tezi **5.12.2017** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Osman EROĞUL**
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Fatih BÜYÜKSERİN (Başkan)**
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Aytekin ÜNLÜ
Sağlık Bilimleri Üniversitesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Erdem İnanç BUDAK

ÖZET

Yüksek Lisans

ASKERİ AMAÇLI TURNİKE SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Erdem İnanç BUDAK

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman EROĞUL

Tarih: Aralık 2017

Harp alanında gerçekleşen ekstremite yaralanmaları önlenemediği takdirde ciddi sayıda can kayıpları meydana gelmektedir. Ekstremitte yaralanmalarının sebep olduğu can kayıplarının önlenmesinde turnike uygulaması önemli ve vazgeçilmez bir yöntemdir. Turnike; 4 ile 7 cm genişliğindeki bir bandın, yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline bağlanarak kanamanın durdurulmasını sağlayan tıbbi bir cihazdır. Turnike uygulaması basit bir işlem olmasına rağmen, doğru ve başarılı bir şekilde yapılan uygulama sayesinde can kayıpları ciddi derecede önlenmektedir. Harp alanında kullanılmak amacıyla Combat Application Tourniquet (CAT) ve Special Operations Forces Tactical Tourniquet (SOFTT) turnikeleri NATO üyesi ülkelerin ordularında kullanılmaktadır. Askeri amaçlı olarak üretilmiş olan hiçbir turnike sistemi tek elle ve hızlıca uygulanamamaktadır. Bu tez kapsamında geliştirilen turnike sistemi ile kan akışının durdurulması için gerekli olan kuvvet, elektromekanik sistem ile bağlantılı turnike kemerinin ilgili ekstremiteye sarılması ile uygulanmaktadır. Cihaz üzerinde bulunan açma – kapatma düğmesi ile sistem çalıştırıldıktan sonra, turnike sistemi; kol ya da bacak düğmesine basılması ile otomatik olarak çalışmaya başlayarak, kuvvet sensöründen aldığı geri bildirim değeri o ekstremitte için belirlenen eşik değerine ulaşana kadar turnike işlemine devam etmektedir. Eşik değerine ulaşıldığında turnike sisteminin uygulandığı ekstremitede

kan akışı durdurulduğundan dolayı sistem kasılı bir şekilde bekleme moduna geçmektedir. 1 saat geçtikten sonra turnike otomatik olarak gevşemekte ve 5 dakikalık gevşeme sürecinin ardından turnike işlemi yeniden uygulanarak ekstremitenin kangren olması engellenmektedir. Sistem çalışmaya başladığında turnikenin uygulanma zamanı ve turnikenin uyguladığı kuvvet bilgisi, Bluetooth ile bağlanılan askeri haberleşme standardı ve bu standart ile bir merkeze aktarılmaktadır. Geliştirilen akıllı turnike sistemi turnike uygulamasını, bataryası tükenene kadar ya da kapatma düğmesine basılana kadar tekrarlamaktadır. Turnike uygulamasının gerçekleştirildiği her periyotta merkeze bilgi gönderebilen bu sistem sayesinde askeri alanda, iç güvenlik ve polis teşkilatında çatışma bölgelerinde görev yapan personelin, olası yaralanmalar sonucu hayatta kalmasına katkı sağlanmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı turnike, Ekstremitte yaralanması, Askeri turnike.

ABSTRACT

Master of Science

DEVELOPMENT OF TOURNIQUET SYSTEM FOR MILITARY USE

Erdem İnanç BUDAK

TOBB University of Economics and Technology
Institute of Natural and Applied Sciences
Biomedical Engineering Science Programme

Supervisor: Prof. Dr. Osman EROĞUL

Date: December 2017

The extremity injuries in the battlefield may result as serious number of deaths, unless it is prohibited. Tourniquet application is important and indispensable to prevent loss of lives caused by extremity injuries (bleedings). Tourniquet is a medical device having a tape, with a width of 4-7 cm, attached to the corresponding injured extremity and in this way it can stop bleeding. Despite being an elementary procedure, proper and successful applications can severely decrease loss of lives. Combat Application Tourniquet (CAT) and Special Operations Forces Tactical Tourniquet (SOFTT) are available in many NATO member national military for the use in battlefield. None of the available systems designed for military applications, can be used by single hand. The developed tourniquet system in the content of this thesis study, applies the required force to stop the bleeding, by wrapping the tape around the extremity which is also connected to electromechanical system of the tourniquet. After the device is started by the on/off button, it applies the tourniquet procedure up to the pre-defined threshold value, according to the force sensor feedback followed by the user choice of leg / arm application region. At the instant that the threshold value is reached, system will continue on standby contracted mode since bleeding is stopped. 1 hour later, tourniquet loosens the extremity automatically to prevent necrosis and it recontracts again after a 5 minute wait. When system is

turned on, tourniquet application duration and applied force information are transmitted to the base via bluetooth based military communication standards. The developed smart system will continuously apply the procedure until it is turned off or runs out of battery. The contribution of this system, which transmits the tourniquet application data to the base, is to keep not only military but also internal security and police department staff alive who are on duty in hot zones.

Keywords: Smart tourniquet, Extremity injury, Military tourniquet.



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren çok kıymetli hocam Prof. Dr. Osman EROĞUL'a, tecrübelerinden faydalandığım TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve tezimin destek aldığı proje kapsamında beraber çalışma fırsatı yakaladığım saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Nazif ZEYBEK, Yrd. Doç. Dr. Aytekin ÜNLÜ ve Fazıl DUMAN'a tezime yapmış oldukları değerli akademik katkılardan ve aktardıkları tecrübelerinden dolayı çok teşekkür ederim. Tezimin mekanik tasarım ve üretim kısımlarında üstün tecrübelerini benimle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli ağabeyim Ali KÜÇÜK'e, tezimin elektronik tasarım kısmında tecrübelerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Uğur ŞAHİN'e, tezimin destek aldığı projede ortak çalıştığım ve asistanlık yaptığım dönemde beraber çalışma fırsatı yakaladığım değerli arkadaşım Faruk BEYTAR'a ve asistanlık yaptığım dönemde tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Araş. Gör. Galip ÖZDEMİR'e tezime verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimin başlangıcında tanıştığım ve sonrasında oldukça samimi olduğum, bana Kıbrıs'ı sevdiğini renkli karakteri ile hayatıma yaptığı katkılardan dolayı minnet borcum olan, tez dönemim boyunca bana vermiş olduğu üstün manevi desteğinden dolayı çok değerli arkadaşım Hüseyin NASIFOĞLU'na, lise dönemimden beri samimiyetimizi hiç kaybetmediğim çok değerli arkadaşlarım Güney Mert BİLGİN ve Doğançan ŞEN'e çok teşekkür ederim.

Ar – Ge mühendisi olarak çalıştığım firmada bana vermiş oldukları manevi destek ve tezim için yaptıkları bilimsel katkılardan dolayı başta yöneticim Levent KANDEMİR olmak üzere Uğur YILDIZ, Kaan DİPİOĞLU, Selçuk UZEL ve diğer tüm iş arkadaşlarıma tez dönemim boyunca verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Tez dönemim boyunca bana vermiş oldukları manevi destekten dolayı ve özellikle tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve benden sonsuz desteklerini esirgemeyen çok kıymetli aileme ve daha adını sayamadığım birçok dostuma hep yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Ayrıca TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesinin sağladığı yüksek lisans bursu için üniversitemize şükranlarımı sunarım. Tezim; TÜBİTAK tarafından 0932.STZ.2015 referans numaralı “Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi” başlıklı proje tarafından desteklenmiştir. Eğitimim süresince projedeki desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a, projenin ortağı ASELSAN AŞ.'ye ve proje kapsamında yardımlarını esirgemeyen değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
SEMBOL LİSTESİ	xv
RESİM LİSTESİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Turnike Yapısı	1
1.2 Problemin Tanımı ve Motivasyonu	1
1.3 Tezin Amacı	2
2. TURNİKE SİSTEMLERİ	5
2.1 Mevcut Sistemler	5
2.2 Patentler	7
3. SİSTEM MEKANİK TASARIMI	9
3.1 Dişli Sistemi Tasarımı	9
3.2 Turnike Kuvvet Hesabı	15
3.3 Yataklama	19
3.4 Turnike Kilitleme Mekanizması Tasarımı	22
3.5 Ana Gövde Mekanik Tasarımı	24
3.6 Kemer Yapısı	36
4. SİSTEM ELEKTRONİK TASARIMI	39
4.1 Gömülü Yazılım Geliştirilmesi	39
4.2 Ana Kontrol Devresi Üretimi	43
4.2.1 Elektronik teorik altyapı	43
4.2.2 CENKER sistemi	51
4.2.3 Sistem gereksinimi	53
4.2.4 Elektronik tasarım basamakları	55
4.2.5 Malzeme seçimi	58
4.2.6 Elektronik şematik tasarım	59
4.2.8 PCB üretimi ve PCB malzeme dizgisi	89
4.2.9 Kısa devre ve güç dağıtım kontrolü	92
4.2.10 Gömülü yazılımın sisteme yüklenmesi ve optimizasyonu	93
5. SİSTEM ÜRETİMİ	95
5.1 Üç Boyutlu Baskı İle Sistemin Gerçeklenmesi	95
5.2 Talaşlı İmalat Parçaların Sisteme Entegrasyonu	101
5.3 Ana Kontrol Devresinin Sisteme Entegrasyonu	105
5.4 Sistem Özellikleri	106
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	107

KAYNAKLAR	111
EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ	141



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: AATS'nin blok diyagramı.	3
Şekil 2.1: Çeşitli turnike sistemleri (a) CAT (Url-1), (b) RMT (Url-2), (c) EMT (Url-3), (d) MAT (Url-4), (e) CroC (Url-5), (f) SOFTT (Url-6).	6
Şekil 2.2: Mevcut patentler; (a)“Tourniquet and Method of Using Same” (Theodore Wright vd., 2005), (b)“Tourniquet Timer” (Noam Gavriely, 2008), (c)“Electromechanical Tourniquet for Battlefield Application” (David Pienkowski ve Lee Gentry Barnett, 2010), (d)“Electric Automatic Tourniquet System” (Lin Lying ve Qi Yafeng, 2015).	8
Şekil 3.1: Dişli çark mekanizmaları; ((a)düz, (b)helisel, (c)çift helisel, (d)iç silindirik çarklar, ((e)düz, (f)helisel) konik çarklar, (g)spiral çark, (h)sonsuz dişli çark (Akkurt, 2012a).	10
Şekil 3.2: Sonsuz dişli mekanizması (Akkurt, 2012a).	11
Şekil 3.3: Sonsuz dişli mekanizması temas noktasında oluşan kuvvetler (Akkurt, 2012a).	12
Şekil 3.4: AATS temel mekanik bileşenleri.	15
Şekil 3.5: Rulman yataklama elamanları; (a)bilyeli, (b)silindirik radyal rulmanlar (Akkurt, 2012b).	20
Şekil 3.6: AATS Sonsuz dişli mekanizması rulman yataklaması.	22
Şekil 3.9: AATS kilit mekanizması.	23
Şekil 3.10: AATS kilit mekanizması numaralı gösterim.	24
Şekil 3.11: Kemer çekmeli turnike sistemi.	25
Şekil 3.12: Kemer sarmalı turnike sistemi.	26
Şekil 3.13: Kemer kilitli turnike sistemi.	26
Şekil 3.14: Kemer kilitli turnike sistemi ikinci versiyon.	27
Şekil 3.15: Kemer kilitli turnike sistemi üçüncü versiyon.	28
Şekil 3.16: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon transparan görünüm. ...	28
Şekil 3.17: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon.	29
Şekil 3.18: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon kemer kasnak ucu kemer kilit ucu arasındaki mesafe.	30
Şekil 3.19: Sonsuz vida motor – dişli kutusu birleşimi kesit görüntüsü.	30
Şekil 3.20: Sonsuz vida pinyon çarkı birleşimi kesit görüntüsü.	31
Şekil 3.21: Pinyon çarkı kasnak birleşimi kesit görüntüsü.	31
Şekil 3.22: AATS kasnak sızdırmazlık keçesi, sistem bataryası, sistem kullanıcı düğmeleri, batarya şarj soketi.	32
Şekil 3.23: AATS elektronik kontrol kartı, motor encoder devresi.	32
Şekil 3.24: AATS ana gövde transparan görünümü.	33
Şekil 3.25: AATS ana gövde sızdırmazlık elemanları ile görünümü.	34
Şekil 3.26: AATS ana gövde üst sızdırmazlık kapağı.	35
Şekil 3.27: Kemer kilitli turnike sistemi beşinci versiyon kemer iki uç arasındaki mesafe.	36
Şekil 3.28: Kemer kilitli turnike sistemi beşinci versiyon – AATS.	37

Şekil 4.1: Pull-Up ve Pull-Down yapısı(Url-7).....	43
Şekil 4.2: SPI protokolü haberleşme topolojisi(Leens, 2009).....	44
Şekil 4.3: I ² C protokolü haberleşme topolojisi(Leens, 2009).....	45
Şekil 4.4: UART veri formatı (Mahat, 2012).....	47
Şekil 4.5: UART haberleşme protokolü blok diyagramı.....	47
Şekil 4.6: Digi – Trilaterasyon yöntemi (Url-8).....	48
Şekil 4.7: PWM sinyali duty oranları – %10, %50, %90 (Barr, 2001).....	49
Şekil 4.8: Bluetooth blok diyagramı (Agarwal vd.,2015).....	51
Şekil 4.9: AATS motor encoderi (Url-9).....	51
Şekil 4.10: Digi – Key dağıtıcı anasayfası.....	59
Şekil 4.11: Digi – Key yüzey montaj direnç elemanı arama motoru.....	59
Şekil 4.12: Şematik kütüphanesine dağıtıcı kodu ile malzeme ekleme.....	60
Şekil 4.13: Elektronik malzemeye ait şema.....	61
Şekil 4.14: Malzeme pin pad özellikleri değiştirme ekranı.....	62
Şekil 4.15: Elektronik malzeme PCB footprint katmanları; (a)top solder, (b)top overlay, (c)mechanical 1, (d)mechanical 29 katmanları.....	63
Şekil 4.16: Elektronik malzeme PCB footprinti – tüm katmanlar.....	64
Şekil 4.17: Elektronik malzeme üç boyutlu görüntüsü.....	64
Şekil 4.18: Elektronik malzeme üç boyutlu tasarım dosyası düzenleme ekranı.....	65
Şekil 4.19: Elektronik malzeme Şematik kütüphanesi – PCB footprint kütüphanesi eşleştirilmesi.....	66
Şekil 4.20: AATS ana elektronik şeması.....	67
Şekil 4.21: AATS kullanıcı sistem kullanıcı düğmeleri elektronik şeması.....	68
Şekil 4.23: AATS kuvvet sensörü elektronik şeması.....	70
Şekil 4.24: GPS Click modülü.....	71
Şekil 4.25: AATS GPS modülü elektronik şeması.....	71
Şekil 4.26: OLED Click modülü.....	72
Şekil 4.27: AATS GPS modülü elektronik şeması.....	72
Şekil 4.28: Bluetooth modülü.....	73
Şekil 4.29: AATS Bluetooth modülü elektronik şeması.....	73
Şekil 4.30: AATS Bluetooth modülünün terminale gönderdiği mesajlar.....	74
Şekil 4.31: AATS I ² C hattı elektronik tasarımı.....	76
Şekil 4.32: AATS motor sürücü elektronik tasarımı.....	76
Şekil 4.33: AATS MCU giriş/çıkış pin elektronik tasarımı.....	77
Şekil 4.34: AATS MCU güç pinleri elektronik tasarımı.....	78
Şekil 4.35: AATS MCU güç regülasyonu elektronik tasarımı.....	79
Şekil 4.36: AATS MCU batarya seviyesi takip devresi elektronik tasarımı.....	81
Şekil 4.37: AATS MCU şarj devresi elektronik tasarımı.....	82
Şekil 4.38: AATS ALTIUM dosya hiyerarşisi.....	83
Şekil 4.39: AATS PCB katman kalınlıklarının ayarlanması.....	85
Şekil 4.40: AATS PCB yol genişliklerinin ısınma oranına göre belirlenmesi.....	86
Şekil 4.41: AATS PCB katmanları; (a)L1, (b)L4, (c)3.3V, (d)GND, (e)Top everlay, (f)Bottom overlay katmanları.....	87
Şekil 4.42: (a)AATS PCB tüm katmanlar, (b)Poligonlu L1 katmanı, (c)Poligonlu L4 katmanı.....	88
Şekil 4.43: AATS PCB üç boyutlu model görünümüleri.....	88
Şekil 4.44: AATS PCB Gerber ve Drill dosyaları.....	89
Şekil 5.1: Yukarı yönlü SLA baskı tekniği(Url-13).....	98
Şekil 5.2: Aşağı yönlü SLA baskı tekniği (Url-13).....	98
Şekil 5.3: Sızdırmazlık keçesi yerleşimi.....	102

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Kuvvet hesabı girdi verileri.	19
Çizelge 5.1: Üç boyutlu üretim teknikleri detaylı karşılaştırılması (Url-12).	97
Çizelge 5.2: AATS sistem özellikleri tablosu.	106



KISALTMALAR

AATS	: Askeri Amaçlı Turnike Sistemi
DKU	: Dizayn Kurallarına Uygunluk
GPS	: Global Positioning System
I2C	: Inter – Integrated Circuit
PCB	: Printed Circuit Board (Baskı Devre Kartı)
PWM	: Pulse Width Modulation
RTC	: Real Time Clock
SPI	: Serial Peripheral Interface
UART	: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
LSB	: Least Significant Bit
MSB	: Most Significant Bit
ÜAL	: Ürün Ağacı Listesi
IC	: Integrated Circuit
MCU	: Microcontroller Unit
P-MOS	: P Kanallı MOSFET
FDM	: Fused Deposition Modeling
SLA	: Stereolithography
SLS	: Selective Laser Sintering

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
γ_o	Helis açısı
d_0	Sonsuz vida çapı
H	Sonsuz vida strok
ρ'	Sonsuz vidanın pinyon çarkına temas ettiği noktanın sonsuz vida normaline ile yaptığı açı
η	Sistem verimi
$T\tau$	Teorik tork
τ	Tork
F	Kuvvet
P	Basınç
Pa	Pascal
$mmHg$	Milimetre Civa
A	Alan
ζ	Ekstremité çevresi
r	Yarıçap
n	Tur sayısı
ω_{in}	Açısal nominal hız
ω_{out}	Açısal nominal hız (redüksiyon oranları ile birlikte)
i	Redüksiyon oranı
$dk\%$	Dişli kutusu verimi
$ds\%$	Dişli seti verimi
$m\%$	Motor verimi
t	Turnike çalışma süresi
GF	Güvenlik faktörü
X	Toplam deplasman
mm	Milimetre
um	Mikrometre

RESİM LİSTESİ

Sayfa

Resim 4.1: Kuvvet sensörü hızlı prototipleme devresi.	70
Resim 4.2: AATS ürettirilen boş PCB.	90
Resim 4.3: AATS PCB malzeme dizgisi.	91
Resim 4.4: AATS ürettirilen PCB.	91
Resim 4.5: AATS PCB kısa devre kontrolü.	92
Resim 4.6: AATS ürettirilen PCB ye gömülü yazılım yüklenmesi.	93
Resim 5.1: AATS ana gövdesinin üç boyutlu yazıcı ile ürettirilmesi.	99
Resim 5.2: AATS ana gövdesinin üç boyutlu yazıcı destekleri ile görüntüsü.	100
Resim 5.3: AATS ana gövdesi.	101
Resim 5.4: AATS talaşlı imalat parçaların montajı; (a)kasnak-kasnak rulmanı, (b)sızdırmazlık keçesi, (c)pinyon çarkı yataklama rulmanı, (d)sonsuz vida, (e)sonsuz vida yataklama rulmanı montajları.	102
Resim 5.5: AATS sonsuz dişli mekanizmasının montajı.	103
Resim 5.6: AATS kilit mekanizması talaşlı imalat parçaları.	103
Resim 5.7: AATS sac büküm parçalar.	104
Resim 5.8: AATS ana gövdesine sac büküm parçaların montajı.	104
Resim 5.9: AATS kemer kilit sistemi montajı.	105
Resim 5.10: AATS ana kontrol devresi sistem entegrasyonu.	105
Resim 5.11: AATS.	106

1. GİRİŞ

1.1 Turnike Yapısı

Turnike uygulaması bir buçuk asır öncesine dayanan, ampute operasyonlarında kan akışını durdurmak amaçlı kullanılmaya başlanan, temel amacı ekstremitelerde yaralanmalarında kan akışını durdurmak olan bir tıbbi cihazdır. Turnike, genişliği en az 3 cm'den büyük olan bir kemer ya da bandajın, yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline bağlanarak bir bocukat yardımıyla sıkılıp ekstremiteye basınç uygulanması ile kan akışının durdurulmasını sağlamaktadır (Klenerman, 1962). Turnike uygulaması basit gibi gözükse de turnikenin doğru bir şekilde uygulanmasının önemli oranda hayat kurtardığı bilimsel araştırmalarla ispatlanmıştır. Harp alanındaki kayıpların başında kanamaların durdurulmaması sonucu askeri yaralanmalar gelmektedir ve bu oran toplam kayıpların ortalama %50'sini oluşturmaktadır. İkinci Dünya Savaşı, Kore Savaşı ve Vietnam Savaşı verilerine bakıldığında ölümlerin %7'sine yakını kol yaralanmalarında kanın durdurulamaması sonucu meydana gelmiştir. Benzer şekilde Irak ve Afganistan'daki kayıpların yaklaşık %2'si ekstremitelerde yaralanmalarından kaynaklanmıştır (Kragh vd., 2007). Türk Silahlı Kuvvetleri'nde yaralanmaların çoğunluğu (%64) kol bacak yaralanmalarıdır ve bu yaralanmalara bağlı kan kaybı neticesinde ölümleri engellemek için yaralanan kol ya da bacağı vakaların en az %16'sında turnike uygulanması gerekmektedir (Ünlü vd., 2014).

1.2 Problemin Tanımı ve Motivasyonu

Ekstremitelerde yaralanması ile oluşan kan kaybı neticesinde gerçekleşen ölümler savaş sahasında engellenebilir ölüm olarak adlandırılmaktadır (King vd., 2006). Bu tarz yaralanmalar sonucu kan kayıplarını engellemek için Dünya çapında üretilmiş Combat Application Tourniquet (CAT), Special Operations Forces Tactical Tourniquet (SOFTT), Emergency & Military Tourniquet (EMT) turnikeleri mevcuttur. Cerrahi turnikelerin askeri ve hastane öncesi kullanımına adaptasyonu

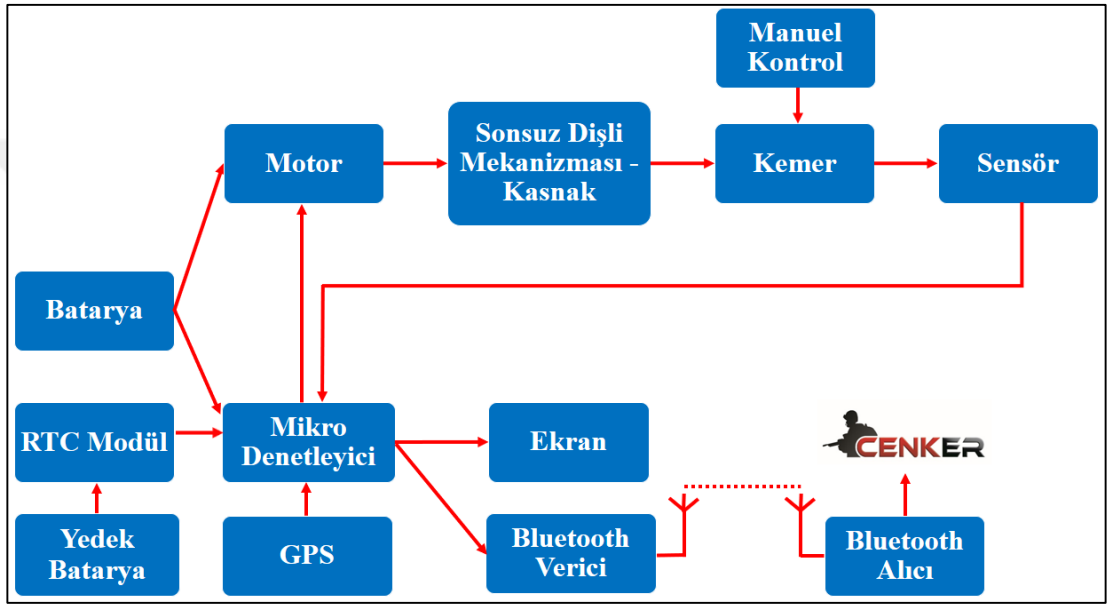
konulu, daha önce hiç turnike kullanmamış gönüllülerle yapılan çalışmada, gönüllüler ekstremitelelerinin distalinden EMT'yi geçirip proksimaline kaydırarak şişirmişlerdir. Bu uygulamada gönüllüler; kol için ortalama 29 saniye, uyluk için de 36 saniyede turnikeyi bağlayıp şişirebilmişlerdir. 96 uygulama sonucunda kanın kolda ortalama 140 mmHg, bacakta ise ortalama 229 mmHg basınç uygulanarak durdurulabildiği görülmüştür (McEwen vd., 2004).

Savaş alanında en önemli hedef, ateş altındaki yaralının, bir sağlık personeli yaralıya müdahale edinceye kadarki sürede, eğer tek eli sağlam kaldıysa, kanayan ekstremitesine basit bir turnike uygulaması ve hayatta kalmasıdır. Bu durum göz önüne alındığında CAT Amerikan ordusunun standart turnikesi olmuştur ve savaş alanındaki yaralı tarafından tek elle uygulanabilmektedir. Bu alanda kullanılan turnikeler içinde en fazla etkinliğe sahip olan CAT'in kanı başarıyla durdurma oranı %79 olarak bildirilmiştir (Kragh vd., 2008). CAT benzeri turnikeler Türk Silahlı Kuvvetlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, 102 ve 145 katılımcıyla yapılmış iki ayrı prospektif randomize çalışmada bacak bölgesindeki etkinliği %50-88 ve %70 olarak saptanmıştır. Dünyada olduğu gibi TSK'da da ekstremitte çevre genişliği, deneyim ve eğitim farklılıkları ve gevşek bağlama gibi birçok sebeple %100 başarıyı sağlayacak standart uygulama yöntemi oluşturulamamıştır. Söz konusu turnikeler iki farklı prospektif randomize çalışmayla araştırılmış ve etkinliklerinin basınç kontrollü olmaması nedeniyle %30 ihtimalle kullanıcı tarafından kanamayı durdurmayacak gerginlikte uygulandığı gözlenmiştir (Ünlü vd., 2014). Dolayısıyla da TSK'da hala ciddi ekstremitte yaralanmasına bağlı olarak askeri personelin şehit olması mümkündür. Bu problemden yola çıkılarak kolay bir şekilde uygulanabilecek ve başarıyla kan akışını durdurarak hayat kurtarabilecek bir turnike sistemi geliştirilmesi çalışmalarına başlanmıştır.

1.3 Tezin Amacı

Tezin amacı, ekstremitte yaralanmalarında aşırı kan kayıplarını durdurabilmek için yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline bağlanarak gerekli basıncı otomatik olarak uygulayıp kanamayı başarıyla durdurabilen turnike sistemi geliştirmektir. Tez kapsamında; kemer sıkıştırma yöntemi ile basınç uygulayarak otomatik olarak kan akışını durdurup tekrar harekete geçiren turnike sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen

turnike; mekanik veya elektronik arızalarda manuel olarak uygulanabilecek özellikte, kol ve bacak için adaptif, sıkıştırma zamanını kontrol eden RTC (Real Time Clock) modülü bulunan, turnikenin uygulandığı konumu tespit edebilen, yaralının kan grubunu, turnikeyi uygulamaya başladığı zamanı, turnike uygulanmaya başladıktan sonra geçen süreyi, konumunu ve turnikenin uygulamış olduğu basınç bilgilerini üzerindeki Bluetooth modülü ile eşleştirildiği cihaza gönderebilen, şarj edilebilen bataryaya sahip olan akıllı bir sistemdir. Askeri Amaçlı Turnike Sistemi (AATS)'nin blok diyagramı Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: AATS'nin blok diyagramı.



2. TURNİKE SİSTEMLERİ

2.1 Mevcut Sistemler

Ekstremitte yaralanmalarında kanamanın durdurulması için geliştirilmiş birçok farklı tipte turnike vardır. CAT, Türk ve Amerikan ordusunun kullandığı standart turnikedir. CAT sahip olduğu bocurgat ile kemerin manuel olarak döndürülerek sıkılması şeklinde uygulanır. Ağırlık ve boyut bakımından askeri sahada kullanıma elverişlidir. Fakat en büyük dezavantajı manuel olarak uygulandığı için uygulanması gerekenin altında basınç uygulandığında kan akışını durduramama, uygulanması gerekenin üstünde basınç uygulandığında ise kangren olma riski taşımasıdır. Ayrıca kol gücüyle sıkılarak uygulandığı için yaralının o zor durumda özellikle bacak için gereken basınç değerinde turnikeyi sıkabilmesi zordur. Kullanılan bocurgat plastik yapıda olduğu için sıkıştırma sırasında kırılma riski taşımaktadır (Kragh vd., 2011). Ratcheting Medical Tourniquet (RMT) snowboard üzerinde bulunan sıkma mekanizmasına benzer bir kilit sistemi bulunan, mandalın çekilmesiyle kemerin kademe kademe sıkıştırılması şeklinde uygulanan bir turnike sistemidir. Bu sistem ile turnike işlemi kolay uygulanabilmektedir, ancak uygulanan basıncın doğru bir şekilde ayarlanması çok zordur. EMT yaralının turnikeyi tek eliyle bağlayıp manuel olarak el pompası ile şişirmesiyle uygulanır. Bu turnikede de diğerlerinde olduğu gibi otomatik basınç kontrolü olmadığı için turnikenin şişirme miktarı kullanıcının uyguladığı kadar olmaktadır. Bu da yukarıda belirtilen kan akışını tamamen durduramama veya kangren olma gibi sorunlara yol açabilmektedir. Mechanical Advantage Tourniquet (MAT) tek elle yaralının kendisine uygulayabileceği, üzerindeki bocurgat çevrilerek sıkıştırma yöntemiyle turnikenin uygulanabileceği bir sistemdir. Bu sistemin en büyük dezavantajı ise bocurgatının küçük olmasıdır. Bu nedenle yüksek basınç uygulamak için bocurgatı daha fazla çevirmek ve daha fazla güç harcanmak zorundadır. Combat Ready Clamp (CRoC) ise yaralının tek başına uygulayamadığı, bacak yaralanmalarında yarım küre şeklinde sert bir madde sayesinde sıkıştırma yöntemiyle basınç uygulanarak kanamanın durdurulmaya

çalışıldığı bir turnike sistemidir. Oldukça ağır ve boyutları da büyük olduğu için askerin yanında taşınması için uygun değildir. SOFTT, CAT ile benzer yapıdadır. Boyutu CAT'e göre biraz büyük, daha ağır, fakat uygulanabilen maksimum basıncı CAT'ten daha fazladır. Bahsedilen turnike sistemleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Çeşitli turnike sistemleri (a) CAT (Url-1), (b) RMT (Url-2), (c) EMT (Url-3), (d) MAT (Url-4), (e) CroC (Url-5), (f) SOFTT (Url-6).

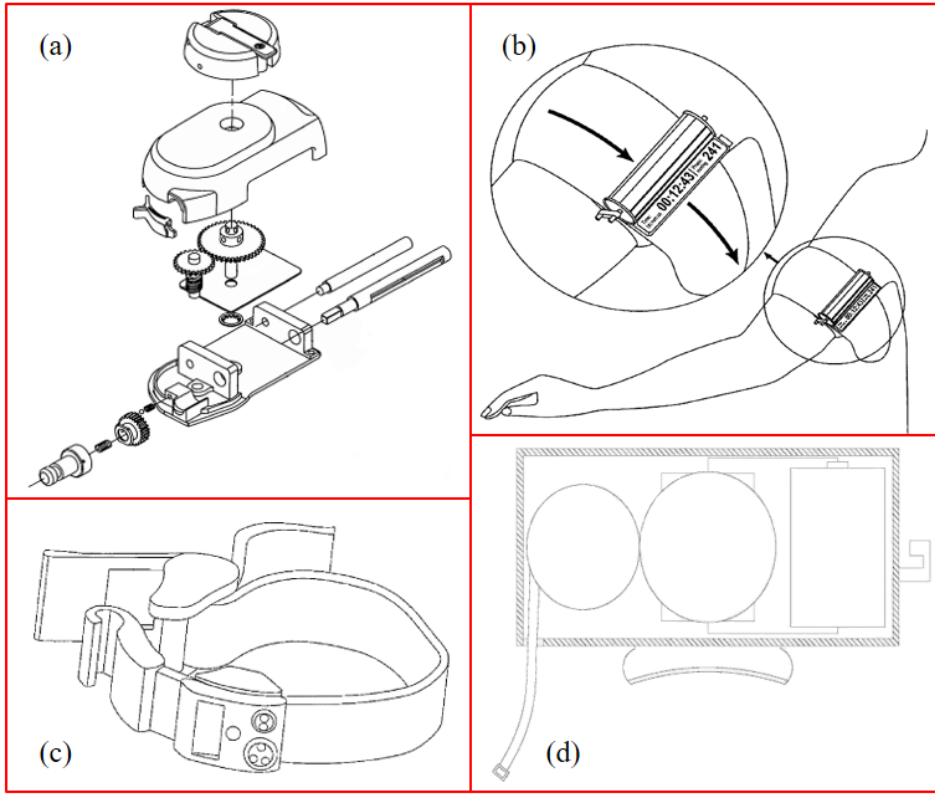
Özellikleri anlatılan, askeri sahada kullanılabilecek hiçbir turnike, basıncını otomatik olarak ayarlayamamaktadır. Turnike basıncı kullanıcının uygulayabildiği kadar olmaktadır. Turnikenin başarılı bir şekilde uygulanması için sabit bir basınç değerine çıkması ve o değerde kalması gerekmektedir. Kullanıcı yaralandığı ve hızla kan kaybettiği zaman turnikeyi çantasından çıkarıp yaralandığı bölgeye taktıktan sonra bir de onu sıkıştırmak veya şişirmekle uğraşmakta, çoğu zaman da gereken basınç değerini tam olarak ayarlayamamaktadır. Ayrıca turnike uygulanmaya başlandıktan sonra 1 saat aralıklarla 5 dakika gevşetilmesi gerekmektedir (Sapega vd., 1985). Turnike gevşetilmediği takdirde ekstremitenin kangren olma riski bulunmaktadır. AATS'yi kullanacak olan yaralı, onu çantasından çıkarıp tek eliyle kol veya bacağına bağlayabilecek ve üzerindeki tuşa basarak turnikenin, kanı durdurabileceği basınç değerini uygulayana kadar ekstremitayı otomatik olarak sıkıştırmasını sağlayacaktır.

Zamanlayıcısı (RTC) sayesinde de saatte bir uyarı vererek 5 dk gevşetilip tekrar aynı basınç değerine çıkabilecektir. Ayrıca mevcut diğer turnikelerde olmayan bir özelliği de AATS'nin; turnikenin uyguladığı basınç değerini, turnikenin uygulanmaya başlandığı zamanı, uygulanmaya başladıktan sonra geçen süreyi, yaralının kan grubu bilgisi ve konum bilgisini uzaktaki bir merkeze kablosuz olarak iletebilecek olmasıdır.

2.2 Patentler

Askeri alanda kullanılabilecek özellikte, patentleri alınmış çeşitli turnikeler mevcuttur. Bunlar arasında; manuel olarak bir bocurgat yapısının çevrilerek farklı çaplarda dişlilerin dönmesiyle kemerin makaranın etrafına sarılarak turnike işlemini uygulamayı sağlayan, Şekil 2.2.a'da görülen "Tourniquet and Method of Using Same" (Theodore Wright vd., 2005), turnikeyi bir kemeri sıkıştırarak uygulayan, turnikenin uygulandığı zamanı, oksijen saturasyonu ve kan akışı verilerini bir merkeze kablosuz olarak iletebilen, Şekil 2.2.b'de görülen "Tourniquet Timer" (Noam Gavriely, 2008), manuel olarak bir kemeri sıkılması şeklinde alt ve üst ekstremitelere için uygulanabilen, üzerindeki basınç sensörü sayesinde uygulanan kuvveti ölçüp üzerindeki ledleri yakarak gerekli basıncın sağlandığı bilgisini kullanıcıya verebilen ve turnike uygulanma zamanını tutabilen, Şekil 2.2.c'de görülen "Electromechanical Tourniquet for Battlefield Application" (David Pienkowski ve Lee Gentry Barnett, 2010), kutu içerisindeki bir motorun dişlileri döndürüp bir ucu dişliye diğer ucu da bir çengel ile kutuya bağlanan kemeri sıkarak turnike işleminin gerçekleştirilmesini sağlayan, Şekil 2.2.d'de görülen "Electric Automatic Tourniquet System" (Lin Lying ve Qi Yafeng, 2015) patentleri bulunmaktadır.

Günümüzde bu patentlerden ürüne dönüşmüş, aktif olarak kullanılan bir sistem bulunmamaktadır. Sahada kullanıma uygun turnike sistemleri arasında otomatik olarak uygulanabilen, basınç kontrolü olan, konum bilgisine ulaşabilen ve yaralının bilgilerini kablosuz olarak bir merkeze iletebilen herhangi bir turnike sistemi bulunmadığı için tasarlanan turnike sistemiyle 14.04.2017 tarihinde Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi buluş başlığı ve 8058.272 Referans No'su ile patent başvurusunda bulunulmuştur.



Şekil 2.2: Mevcut patentler; (a)“Tourniquet and Method of Using Same” (Theodore Wright vd., 2005), (b)“Tourniquet Timer” (Noam Gavriely, 2008), (c)“Electromechanical Tourniquet for Battlefield Application” (David Pienkowski ve Lee Gentry Barnett, 2010), (d)“Electric Automatic Tourniquet System” (Lin Lying ve Qi Yafeng, 2015).

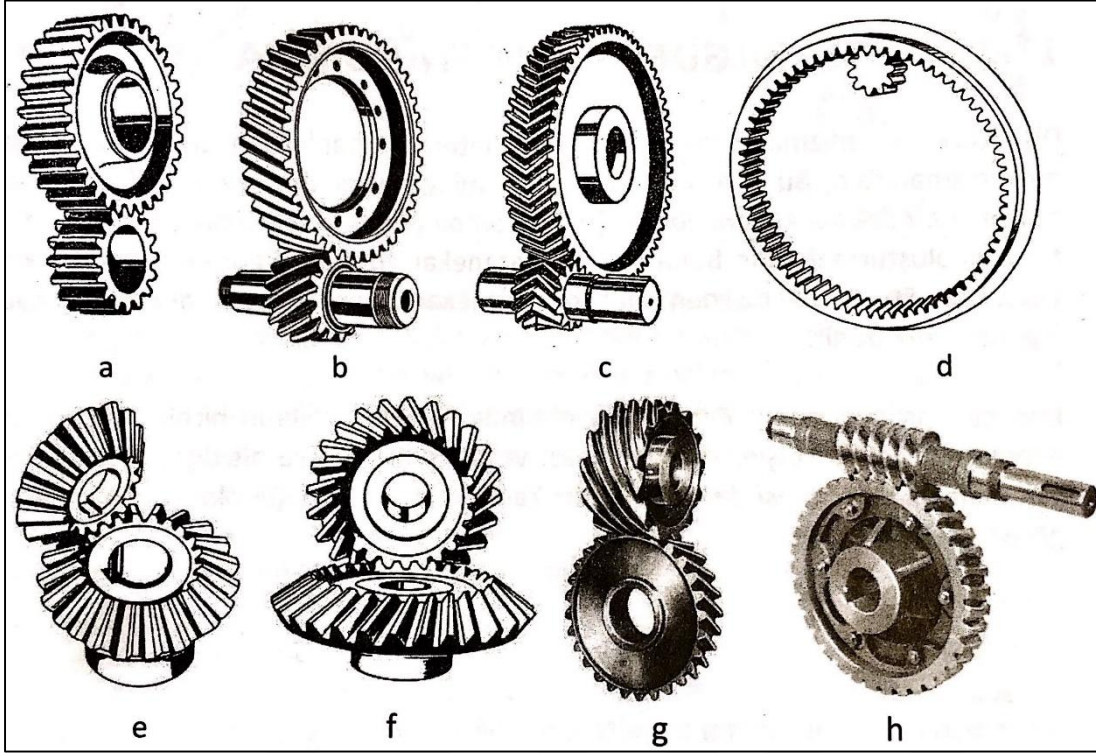
3. SİSTEM MEKANİK TASARIMI

3.1 Dişli Sistemi Tasarımı

Turnike sistemleri, ekstremitelere kanamanın giderilmesi için kullanılan ve ekstremitelere ciddi kuvvetler uygulayan mekanizmalardır. AATS, bir aktüatör yardımı ile kasnağa bağlı bir kemerin ekstremitelere etrafında sarılmasını ve ekstremitelere turnike işleminin uygulanmasını sağlayan mekanik bir sistemdir. Aktüatör, uçları arasına uygulanan gerilim ile bataryadan akım çekerek iç yapısında bulunan bobinini enerjilendirmektedir. Bobinin dışında bulunan mıknatıs bobine bir manyetik alan uygulayarak bobinin hareket etmesini sağlamaktadır. Bobine bağlı olan motor şaftı bobin ile birlikte eş merkezli olarak dönmektedir. Bu şekilde aktüatör aldığı enerji ile milini döndürmektedir. Aktüatöre bağlı olan enerji aktarım mekanizması ile kemer hareket ettirilmekte ve turnike işlemi tamamlanmaktadır. Kısaca özetlemek gerekirse bataryadan elde edilen elektrik enerjisi, mekanik olarak güce çevirilerek başka bir sisteme aktarılmaktadır. Bu şekilde güç aktarımı için dişli ve dişli çark mekanizmaları üretilmiştir. Güç aktarımında, güç aktarım elemanlarının üretim şekli yapısı ve ürettikleri malzemelerin verimlerini dayanımlarını doğrudan etkilemektedir. Dişli çark mekanizmalarının farklı yüklerde ve değişken hızlarda kullanılabilmesi ve verimlerinin yüksek olması güç aktarım için birçok mekanik sistemde tercih edilmelerini sağlamaktadır. İki dişli sisteminden oluşan mekanizmanın aktüatör ile aynı merkezli olan yapısına çark, çarkın gücünü aktararak hareket ettirdiği dişli yapısına pinyon adı verilmektedir (Akkurt, 2012a).

Merkez eksenleri dönme eksenlerine dik ve birbirine paralel olan güç aktarım çarklarına silindirik çarklar denir. Şekil 3.1’de düz silindirik (a), helisel silindirik (b), çift helisel silindirik (c) ve iç silindirik (d) dişli çark yapıları gösterilmiştir. Merkez eksenleri dönme eksenlerine dik ve birbirleriyle kesişen güç aktarım çarklarına konik çarklar denir. Şekil 3.1’de düz konik (e), helisel konik (f) dişliler gösterilmiştir. Merkez eksenleri dönme eksenlerine dik ve aynı düzlemde bulunmayan güç aktarım çarklarına spiral çarklar denir. Şekil 3.1’de merkez eksenleri birbirine dik olan spiral

çarklar (g) ve aynı mantıkla çalışan ve endüstride oldukça tercih edilen sonsuz dişli (h) mekanizması gösterilmiştir (Akkurt, 2012a).

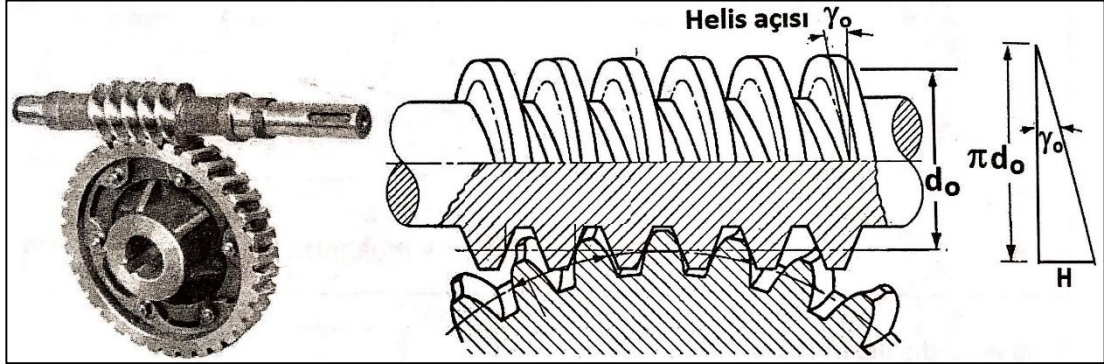


Şekil 3.1: Diğli çark mekanizmaları; ((a)düz, (b)helisel, (c)çift helisel, (d)iç silindirik çarklar, ((e)düz, (f)helisel) konik çarklar, (g)spiral çark, (h)sonsuz dişli çark (Akkurt, 2012a).

Sonsuz dişli mekanizması sonsuz vida ve pinyon çiftinden meydana gelen iki dönel eksenli dişli sistemidir. Temel amacı güç ve hareket aktarımı olan sonsuz dişli mekanizması teorik olarak incelendiğinde hem sonsuz vidanın hem de pinyon çiftinin dönme eksenlerine dik olan mil eksenleri uzayda hiçbir noktada kesişmemektedir ve bu iki eksen aynı zamanda paralel de değildir. Spiral dişli mekanizması olan sonsuz dişli mekanizmasında her iki dişli sistemi de spiral yapıdadır. Fakat sonsuz vida yapısında bulunan dişler sonsuz vidanın çapına oranla oldukça büyük olduğu için çark yerine sonsuz vida ismi ile literatüre girmiştir. Vida yapısının literatürdeki diğeri bir adı helis olduğu için sonsuz vida yapısına helis spiral dişlisi de denmektedir (Akkurt, 2012a).

Sonsuz dişli mekanizmasını daha detaylı incelemek gerekirse; Şekil 3.2’de sonsuz vidanın üzerindeki vida adımlarının, sonsuz vidanın kesit düzlemi ile yaptığı açılı helis

açısı (γ_0), sonsuz vidanın çapı (d_0) ve sonsuz vidanın stroku (H) parametreleri ile tanımlanmıştır.



Şekil 3.2: Sonsuz dişli mekanizması (Akkurt, 2012a).

Eşitlik 3.1 incelendiğinde;

$$H = \pi d_0 \tan \gamma_0 \quad (3.1)$$

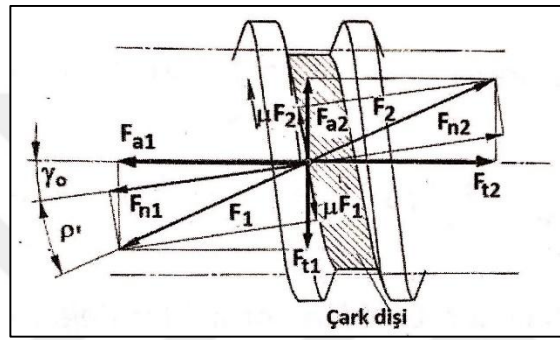
Sonsuz dişli mekanizmasının stroğunun tanımı görülmektedir. Sonsuz vidanın stroğu, yani hareket yönündeki bir diş / vida adımı sonsuz vidanın çevresi ile helis açısının tanjantının çarpımına eşit olmaktadır. Bu açı arttığı müddetçe sonsuz vida daha fazla deplasman yapacaktır.

Sonsuz dişli mekanizması spiral bir mekanizma olduğundan silindirik ve konik dişli sistemlerinden farklı olarak sonsuz vida ile pinyon çarkı arasında çizgisel bir temas ile çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı yük aktarma miktarı spiral mekanizmalardan daha fazladır. Sonsuz vidanın sahip olduğu helis açısının artması ayrıca mekanizmanın verimini de doğrudan artırmaktadır. Çünkü çarkların çevresel hızları ile temas noktalarında oluşan dış teğet kuvvetler çarkların dönme gücüne eşittir. Bu durumda çarkların güçleri oranı sistemin verimine eşit olmaktadır. Aşağıdaki eşitliklerde sistem verimi özetlenmiştir. 1 numaralı indisler sonsuz vidayı, 2 numaralı indisler pinyon çarkını temsil etmektedir. Sonsuz dişli mekanizmasında iki çarkın döndürme konumunda olması durumunda verim hesabı değişmektedir. Sonsuz vidanın döndürme konumunda olduğu durumda verim hesabı Eşitlik 3.2’de, pinyon çarkının döndürme konumunda olduğu durumda verim hesabı Eşitlik 3.3’te verilmiştir (Akkurt, 2012a).

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{F_{t2}V_2}{F_{t1}V_1} = \frac{\tan \gamma_0}{\tan(\gamma_0 + \rho')} \quad (3.2)$$

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{F_{t1}V_1}{F_{t2}V_2} = \frac{\tan(\gamma_0 - \rho')}{\tan \gamma_0} \quad (3.3)$$

Şekil 3.3'te sonsuz dişli mekanizmasının sonsuz vida ile pinyon çarkı temas noktasında oluşturduğu kuvvetler gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, sonsuz vida üzerindeki vida adımlarının oluşturduğu helis açısı, sonsuz vidanın pinyon çarkına temas ettiği noktada sonsuz vidanın normali ile (ρ') açısını meydana getirmektedir. Oluşan açı sonsuz vidanın sistemi döndüren olduğu konumda verimi azaltacak şekilde, pinyon çarkının sistemi döndüren olduğu konumda verimi artıracak şekilde sisteme etki ettiği görülmektedir.



Şekil 3.3: Sonsuz dişli mekanizması temas noktasında oluşan kuvvetler (Akkurt, 2012a).

Eşitlik 3.2 ve 3.3 incelendiğinde; helis açısının artmasının verimi artırdığını ve helis açısının maksimum değerini 45° de aldığı görülmektedir. Fakat helis açısının büyümesi sonsuz dişli mekanizmasının boyutlarının da büyümesine sebep olmaktadır. Bu açıdan mekanizma üretilirken açı optimize olarak seçilmelidir. Literatüre göre sonsuz dişli mekanizması tasarlanırken optimum helis açısının $18^\circ - 30^\circ$ arasında kullanılması önerilmektedir. Sonsuz vidanın dönmesi ile çalışan bir sonsuz dişli mekanizması tasarlandığı takdirde sonsuz vidanın ve pinyon çarkının seçildiği malzeme ile de doğru orantılı olarak helis açısının sürtünmeyi en az seviyeye indirecek optimum seviyede seçilmesi durumunda mekanizma verimi %80 ile %90 arasında değişmektedir. Helis açısının dikliği nedeniyle pinyon çarkı dönüş ekseninden verilecek tahrik ile sonsuz vidanın dönüşü, sürtünmelerden ve kuvvet aktarma açısının dikliğinden dolayı imkansızdır. Bu sebeple pinyon çarkı sonsuz vidayı çeviremeyecektir ve sistem kilitlenecektir. Bu durumda pinyon çarkına bağlanacak yük sonsuz vida mekanizmasında sönümlenecektir. Çarka bağlı yüklerin hareket ettirilmesi için kullanılacak uygulamalarda bu özellik frenleme mekanizması

olarak kullanılabilir, fakat çalışma süresi malzeme yük altında olduğundan azalacaktır (Akkurt, 2012a).

Sonsuz dişli mekanizmalarında meydana gelen kilitleme ve dişler arasındaki hareket sonucu kaymalardan dolayı sonsuz vida ve pinyon çarkının üretildikleri malzemeler önem arz etmektedir. Pinyon çarkına bağlı olan ve çekilen büyük miktardaki yük noktasal olarak sonsuz vida ile çark dişlileri arasında birikmektedir. Bu noktanın hareket etmesi zamana bağlı olarak metal malzemedeki yapılan sonsuz dişli mekanizmalarında dişlilerin birbirini yemesi ile sonuçlanabilir. Bu problemi olabildiğince aza indirmenin metodu kullanılan malzemelerin farklı metal ya da metal alaşımlardan seçilmeleridir. Literatüre göre sonsuz vida çelik, pinyon çarkı bronz ya da dökme demirden üretilmelidir. Pinyon çarkı için çinko bronzu (G-CuZn25Al5), kalay bronzu (G-CuSn12Ni) veya bakır – alüminyum alaşımları (G-CuAl11Ni) kullanılmaktadır (Akkurt, 2012a).

AATS mekanik çalışma prensibi ile turnike işlemini uygulamaktadır. Turnike kemeri bir kasnağa sarılmaktadır ve sisteme güç verildikçe kemer çarkın üzerine sarılarak turnikenin uygulandığı ekstremitayı sararak turnike işlemini gerçekleştirmektedir. AATS turnike işlemi için gerekli olan kuvveti hem üst hem alt ekstremiteye uygulayabilecek akıllı bir sistemdir. İnsanlarda kol çevresi ortalama 288.4 mm, bacak çevresi ise ortalama 349.7 mm dir (Gavan, 1950). Turnike kemeri genişliği 50 mm dir. Bu durumda genişliği ve uzunluğu bilinen turnike uygulama alanı Eşitlik 3.4 ile gösterilmiştir. Turnike işleminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yaralanmanın olduğu ekstremiteye eğer üst ekstremita ise en az 140 mmHg, alt ekstremita ise en az 229 mmHg basınç uygulanması gerekmektedir (McEwen vd., 2004). Ekstremita yaralanmalarında kan akışını ekstremita dışından bir sistem yardımı ile durdurabilmek için uygulanması gereken basınç (mmHg) değerinden başka bir ölçüt literatürde bulunmamaktadır. AATS turnike kemerinin(en=47.6 mm) yaralanmanın olduğu ekstremiteye sarılarak ekstremiteye her noktadan eşit miktarda bir kuvvet uygulaması ile turnike işlemini gerçekleştirmektedir. Sistemin uygulaması gereken kuvvete göre sistem aktüatörü seçileceği için mevcut bilgiler ile uygulanması gereken kuvvet bilgisi Eşitlik 3.4 – 3.13 ile hesaplanmıştır.

$$A = 47.6 \times 10^{-3} \cdot 349.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (3.4)$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P \cdot A \quad (3.5)$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.33 \text{ Pa} \quad (3.6)$$

$$Pa = \frac{N}{m^2} \quad (3.7)$$

$$1 \text{ Pa} = 7.5006 \times 10^{-3} \text{ mmHg} \quad (3.8)$$

$$P = 229 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ Pa}}{7.5006 \times 10^{-3} \text{ mmHg}} \quad (3.9)$$

$$P = \frac{229}{7.5006 \times 10^{-3}} \frac{N}{m^2} \quad (3.10)$$

$$F = \frac{229}{7.5006 \times 10^{-3}} \frac{N}{m^2} \times 47.6 \times 10^{-3} \cdot 349.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (3.11)$$

$$F = 508.2 \text{ N} \rightarrow \text{Çevre } 349.7 \text{ mm iken} \quad (3.12)$$

$$F = 1166.57 \text{ N} \rightarrow \text{Çevre } 700 \text{ mm iken} \quad (3.13)$$

Bu kuvvet kemerin bağlandığı kasmağa uygulanan tork ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Hedeflenen torkun kasmağa uygulanabilmesi için kasmağın belirlenen bir kuvvet ile çevrilmesi gerekmektedir. Ayrıca turnike işlemi tamamlandığında uygulanan tork kesilerek sistemin kilitlenmesi gerekmektedir. Çünkü turnike işlemi çevriminde turnike uygulaması yapıldıktan sonra 1 saat boyunca ekstremitedeki kan akışının durdurulması gerekmektedir. Daha sonra turnike ters yönde çalıştırılıp gevşetilerek ekstremitenin kanlanması sağlanarak kangren olma riski azaltılmalıdır. 5 dakika boyunca süren bu kısa perfüzyondan sonra tekrar turnike çevrimi uygulanmalıdır (Sapega vd., 1985). Ekstremitte yaralanmalarında en az 4 - 5 saat boyunca turnike işlemi uygulanmalı ve hasta hayatta tutulmalıdır. AATS sisteminin bu doğrultuda mekanik isterleri;

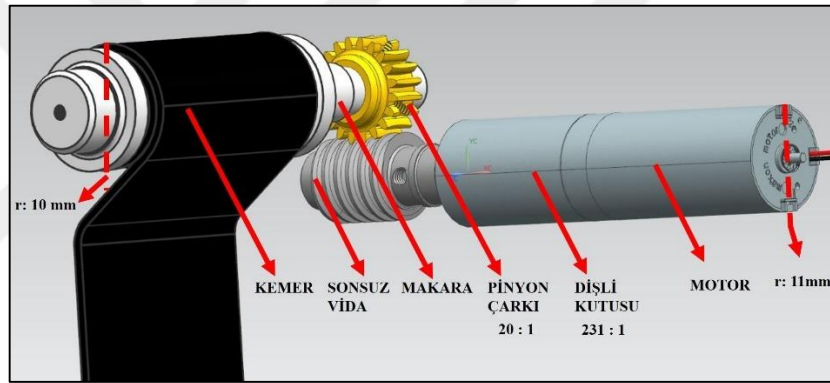
- Hedeflenen torkun kasmağa uygulanabilmesi,
- İstenen süre boyunca sistemin kilitli kalarak istenen torku uygulamaya devam etmesi,
- İstenen süre boyunca sistemin gevşetilebilmesi,

En az 4 – 5 saat boyunca bu isterlerin belirli bir çevrim ile dayanıklı bir şekilde gerçekleştirilmeye devam edilmesi,

AATS'nin sahip olması gereken mekanik isterlerin gerçekleştirilebilmesi için AATS'de sonsuz dişli mekanizması kullanılmıştır. Bu mekanizmanın tasarımı, öncelikle isterlere göre hesaplamalar yapıp, daha sonra bilgisayar ortamında modellenerek gerçekleştirilmiştir.

3.2 Turnike Kuvvet Hesabı

AATS'de turnike işleminin gerçekleştirilmesi için kullanılan sonsuz dişli mekanizmasının teorik altyapısı bir önceki bölümde anlatılmıştır. Sonsuz vidanın dönmesiyle hareket eden sistemin en önemli parametrelerinden biri aktüatör seçimidir. Şekil 3.4'te AATS'nin temel mekanik bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 3.4: AATS temel mekanik bileşenleri.

AATS turnike işleminin uygulanması için 500 N'luk bir teorik kuvveti uygulayabilecek motor ve sonsuz dişli mekanizması sistemine sahiptir. Uygun motor seçimi için bazı parametreler belirli bir alt değerin üzerinde seçilerek hesaplamalara başlanır, daha sonra isterlere yaklaşmak için parametreler güncellenir.

Sonsuz dişli mekanizması kullanılacak sistemlerde ihtiyaç duyulan motorun belirlenebilmesi için gerekli hesaplamalar teorik formüllere dayanmaktadır. Bu bölümde anlatılacak olan hesaplamalar, 3.14, 3.15, 3.16 numaralı eşitlikleri temel almaktadır.

$$\zeta = 2\pi r \quad (3.14)$$

$$T\tau = F \times r \quad (3.15)$$

$$\tau = T \tau \times \eta \quad (3.16)$$

Eşitlik 3.14 bir silindirik cismin istenilen kesitteki çevresini, 3.15 teorik olarak tork formülünü, 3.16 sistem verimi ile birlikte tork formülünü vermektedir. Teorik olarak tork, bir silindirik cisme uygulandığı noktadaki kesitsel dairenin yarıçapı ile uygulanan kuvvetin çarpımına eşittir ve birimi Newton metre (Nm) dir. Tüm belge boyunca tork Nm biriminde verilecektir. Aktüatör sistemlerinin teorik torkları bu sistemlerin %100 verim ile uygulayabildikleri tork olarak hesaplanmıştır. Sistemlerin ayrıca hesaplanan verim değerleri ile teorik tork değeri çarpıldığında gerçekte sistemin uygulayabileceği tork miktarı elde edilmektedir.

AATS'nin turnike uygulamasında hedeflenen kuvvetin uygulanabilmesi için seçilen motorun kasnak miline bu kuvvetten çok daha fazlasını uygulaması gerekmektedir. Bu sistemin güvenlik faktörü olarak hem az güç harcaması hem de mekanik sistemin yorgunluğunun minimuma indirilerek sonsuz dişli mekanizmasındaki stresin azaltılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda seçilen motor için hesaplamalar yapıp seçilen motorun uygulayabileceği kuvvetin hedeflenen kuvvetten ne kadar fazla olduğu gösterilmiştir.

Seçilen motorun özelliklerinin yer aldığı veribelgesi EK 1'de gösterilmiştir. Motorun uygulayabileceği teorik nominal tork 0.0141 Nm'dir. Motora gerekli gerilim verildiği zaman boş milini çevirebilmek için harcadığı tork değeri motorun nominal tork değeridir. Motorun veribelgesine göre verimi %89.8'dir. Bu durumda Eşitlik 3.16'ya göre motorun torku 0.0127 Nm'dir. Motorun nominal açısal hızı 5380 rpm (revolution per minute) dir. Bu değere göre motor, önünde herhangi bir dişli sistemi ya da redüksiyon olmadan saniyede yaklaşık 90 tam tur atabilmektedir. Fakat bu hızlarda bir uygulama turnike uygulaması için gerekli değildir. Turnike uygulamasında önemli olan çok yüksek torkun kasnağa uygulanabilmesidir. Bunun için hız, motorun önüne getirilen dişli sistemleri ile azaltılarak aynı enerjinin motorun tork uygulayabilmesi için harcanması sağlanmıştır. Motor kendi üreticisinin üretmiş olduğu ve motor miline bağlanmış olarak gelen 231:1 oranında redüksiyon ile seçilmiştir. Bu oran motorun hızının 1/231 oranında azalmasına sebep olacaktır. Fakat aynı zamanda 231 kat daha güçlü dönebilmesini de sağlayacaktır. Bu durumda motor nominal torku $0.0127 \times 231 = 2.9337$ Nm olmaktadır. Tüm sistemlerde olduğu gibi dişli kutusunun da belirli bir verimi bulunmaktadır. Motora ait veribelgesi, aynı

üreticiden olduğu için dişli kutusuna ait veriler de yer almaktadır. EK – 1’deki verilere göre dişli kutusu %65 verim ile çalışmaktadır. Bu durumda motor nominal torku $2.9337 \times 0.65 = 1.90605$ Nm değerine düşmektedir. Dişli kutusu mili Şekil 3.4’e bakıldığında görüldüğü üzere direkt sonsuz vida ile birleşmektedir. Sonsuz vida üzerinde bulunan ayar civatası ile dişli kutusunun mili sonsuz vidaya bağlanmaktadır. Sonsuz vida diş sayısı 20 olan pinyon çarkını çevirmektedir. Bu durum sonsuz vidanın her 20 turunda ancak 1 tam tur pinyon çarkını hareket ettirmektedir. Böylelikle motor önüne 20:1 redüksiyon daha gelmektedir. Nominal tork dişli kutusunun redüksiyon oranı ile arttığı gibi sonsuz vida pinyon çarkının redüksiyon oranı ile de artacaktır. Bu durumda motor nominal torku $1.90605 \times 20 = 38.121$ Nm değerine çıkmaktadır. Sonsuz dişli mekanizması da ayrıca bir sistem olduğu için bu sistemin de bir verimi bulunmaktadır. Sonsuz dişli mekanizması ürettirildiği için ve sistem testi TOBB ETÜ Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı altyapısı ile yapılamadığı için tahmini olarak %60 alınmıştır. Bu durumdan dolayı motor nominal torku $38.121 \times 0.6 = 22.8876$ Nm değerine düşmektedir. Tüm verimleri ile hesaplanan son nominal tork değeri motorun kasnağa uygulayacağı kuvvetin hesaplanmasında kullanılacaktır. 0.01 m yarıçapı bulunan kasnağın turnike uygulamasında kemeri yaklaşık olarak 0.05 m üzerine sarması gerekmektedir. Bu değer motorun uygulayabileceği hız ile beraber kullanıldığında kasnağın hesaplanan kuvveti uygulayabilmesi için ne kadar dönmesi gerektiği verisine de teorik olarak ulaşılabilir. Hesaplamalarda kullanılacak veriler kuvvet hesabı girdi verileri olarak Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

AATS, turnike işlemi sırasında turnike kemerini kasnak üzerine yaklaşık olarak 0.05 m sarmaktadır. Bunun için kasnağın açısız olarak yaptığı deplasman radyan cinsinden Eşitlik 3.17 ile gösterilmiştir. 1 radyan 57.3 derece olarak kabul edilmektedir. Bu durumda açısız deplasman Eşitlik 3.18’de derece cinsinden gösterilmiştir. AATS sistemi kasnağı yaklaşık olarak 45 derece döndüğünde turnike işlemi başarılı olmaktadır. Çizelge 3.1 de’ motora ait nominal hız 5380 rpm olarak verilmiştir. Bu veri kullanılarak kasnağın turnike işlemi sırasında kazanacağı açısız hız hesaplanabilmektedir. Eşitlik 3.19’da rpm in rad/s dönüşümü, Eşitlik 3.20’de motora ait nominal hız verisi, Eşitlik 3.21’de motor dişli kutusu – sonsuz dişli mekanizması redüksiyon oranı, Eşitlik 3.22’de motor önündeki redüksiyonlar ile beraber kasnak açısız hız verisi rad/s cinsinden verilmiştir. Kasnak açısız hızının

bilinmesi turnike işleminin ne kadar sürede gerçekleşeceğini hesaplamaya olanak sağlamaktadır. Eşitlik 3.13'te turnike işlemi için AATS'nin toplam çalışma süresi gösterilmektedir.

$$n(tur) = \frac{X}{2\pi r} = \frac{0.05 m}{2\pi \cdot 0.01 m} = 0.8 rad \quad (3.17)$$

$$0.8 rad \times \frac{57.2957795 deg}{1 rad} \cong 45 deg \quad (3.18)$$

$$\omega_{in}(rpm) = \frac{tur}{dakika} * \frac{2\pi rad}{tur} * \frac{dakika}{60 s} = \frac{rad}{s} \quad (3.19)$$

$$\text{Nominal Hız } (\omega_{in} = \omega_{in}(rpm) * \frac{2\pi}{60} = 563.4 rad/s) \quad (3.20)$$

$$\text{Redüksiyon Oranları} = \frac{i_1 * dk\%}{i_2 * ds\%} \quad (3.21)$$

$$\text{Kasnak Açısal Hızı } (\omega_{out} = \frac{\omega_{in}}{\text{Redüksiyon Oranları}} = 0.31 rad/s) \quad (3.22)$$

$$\text{Toplam Çalışma Süresi } (t = \frac{n}{\omega_{out}} = 2.545 s) \quad (3.23)$$

AATS sisteminin aktüatörü olarak seçilen motorun önündeki dişli kutusu ve sonsuz dişli mekanizmasının sahip olduğu redüksiyon oranları ile birlikte toplam uygulayabileceği tork Eşitlik 3.24'te verilmiştir. Tork, silindirik cismin bir kesit noktasına uyguladığı kuvvet olarak tanımlandığına göre seçilen motorun tasarlanan kasnağa uyguladığı kuvvet ise Eşitlik 3.25'te gösterildiği gibi 2288.28 N'dur. Bu durumda seçilen motor hedeflenen kuvvetin 1.96 katı kadar kuvveti AATS'nin kasnağına uygulayabilecektir. Güvenlik faktörünün 2'den büyük olması sonsuz dişli mekanizması kullanılan sistemler için uygun bir değerdir. Sistem güvenlik faktörü Eşitlik 3.26'da verilmiştir.

Motorun Uygulayabileceği Tork:

$$(\tau_{motor} = \tau * i_1 * dk\% * i_2 * ds\% = 22.88 Nm) \quad (3.24)$$

Motorun Uygulayabileceği Kuvvet:

$$(F_{motor} = \frac{\tau_{motor}}{r} = 2288.28 N) \quad (3.25)$$

$$\text{Güvenlik Faktörü } (GF = \frac{F_{motor}}{F_{hedef}} = \frac{2288.28 \text{ N}}{1166.57 \text{ N}} = 1.96) \quad (3.26)$$

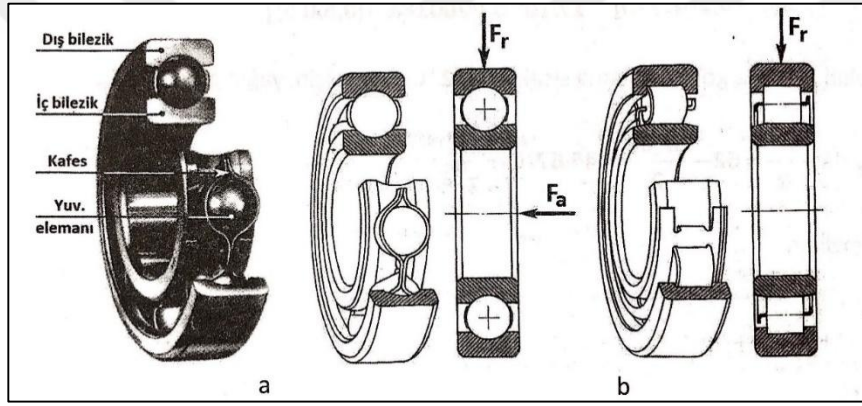
Çizelge 3.1: Kuvvet hesabı girdi verileri.

Hedef Kuvvet (F)	500 – 1167 N
Motor Nominal Torku ($T\tau$)	0.0141 Nm
Motor Verimi ($m\%$)	89.8 %
Motor Nominal Torku (Verim ile Beraber) (τ)	0.0127 Nm
Motor Nominal Hızı (ω_{in})	5380 rpm
Dişli Kutusu Redüksiyon Oranı(i_1)	231
Dişli Kutusu Verimi ($dk\%$)	65 %
Motor Nominal Torku (Dişli Kutusu Redüksiyon ile Beraber)($T\tau$)	2.9337 Nm
Dişli Seti Redüksiyon Oranı (i_2)	20
Dişli Seti Redüksiyon Verimi ($ds\%$)	60 % (Tahmini)
Motor Nominal Torku (Dişli Seti Redüksiyon ile Beraber)($T\tau$)	22.8876 Nm
Toplam Deplasman (X)	0.05 m
Kasnak Yarıçapı (r)	0.01 m

3.3 Yataklama

AATS mekanik olarak turnike işlemini gerçekleştiren sonsuz dişli mekanizmasına sahip bir sistemdir. Bir önceki bölümde verilen hesaplamalar göz önüne alındığında turnike işlemi için hedeflenen kuvvetin yaralanmanın olduğu ekstremiteye uygulanması gerekmektedir. Sonsuz dişli mekanizmasını döndüren eleman olan sonsuz vida sistemi, motor dişli kutusu miline ayar civatası ile bağlanmış ve eş merkezli olarak dönmektedir. Sonsuz vida pinyon çarkını, pinyon çarkı da eş merkezli olarak kasnağı çevirmekte ve yük kasnak ile çekilmektedir. Anlatılan sistemin düzgün çalışabilmesi ve sistemin herhangi bir şekilde deforme olmaması için tüm dönel eksenler uçlardan turnike kutusuna sabitlenmelidir. Böylelikle düşey kuvvetler sistemin birleşim noktalarına binmeyecek, yük dönel kuvvet şeklinde sisteme binecektir. Bu istenen durumdur. Aksi takdirde motor miline ya da kasnağa düşey yük binerek sistemin dayanım noktasına ilk ulaştığı noktada eğilmesine, deforme olmasına ya da tamamen geri dönüşü olmayacak şekilde kırılmasına sebep olacaktır. Dönen mekanizmaların uçlardan sabitlenmesi için rulman adı verilen yataklama elemanları kullanılmaktadır. Basitçe açıklamak gerekirse rulmanlar sahip oldukları yapı sayesinde hem istenen noktaya sabitlenebilmekte hem de yatakladıkları silindirik elemanların neredeyse sıfır sürtünme ile dönebilmesini sağlamaktadır. Şekil 3.5'te basit rulman yapısı bölümlere ayrılmış şekilde görülmektedir. Temel olarak rulman içten dışa doğru; iç bilezik, yuvarlanma

elemanı, kafes ve dış bilezikten oluşmaktadır (Akkurt, 2012b). Rulmanlar yuvarlanma elemanlarına göre iki tip olarak ayrılmaktadır. Şekil 3.5.a'da bilyeli, 3.5.b'de silindirik radyal rulmanlar gösterilmektedir. Rulmanın temel çalışma mantığı iç bileziklerine belirli toleranslar ile oturan silindirik elemanın döndürülmesini sağlamaktır. Dış bilezikleri ise rulmanın kendisinin bir yuvaya sabitlenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu şekilde dönen cisimler sabitlenmeleri gereken noktadan içerisine oturabilecek çapta bir rulman ile yataklandıkları takdirde sabitlenebilmektedir. Dış bilezik ile iç bilezik arasında bulunan yuvarlanma elemanları sahip oldukları katı geometrisine göre bilye ya da silindirik masura elemanlarının belirli aralıklar ile konumlanmasını ve dış bilezik ile iç bilezik arasında açısız olarak dönebilmesini kolaylaştıran kafes yapıları ile sabitlenmektedir.



Şekil 3.5: Rulman yataklama elemanları; (a)bilyeli, (b)silindirik radyal rulmanlar (Akkurt, 2012b).

Rulmanların iç bileziklerini oldukça sıkı bir şekilde ve büyük bir sürtünme katsayısı ile dönmesi, istenen silindirik eleman oturduğu için sistem harekete geçirildiği anda ortaya çıkan sürtünme kuvveti ile hareket boyunca oluşan sürtünme kuvveti arasında çok büyük farklar oluşmamaktadır. Bunun yanısıra sürtünme kuvvetinin dönme sırasında az olması enerji kaybını azaltarak sistemin verimini azaltmamaktadır. Rulmanlar uluslararası standartlara göre belirli fabrikalarda uluslararası standart kodlara sahip olarak üretildikleri için temin edilmeleri kolaydır. Olası aşınma ve bozulma durumlarında yuvarlanma elemanları yağlanarak rulman performansları artırılabilir ve gerektiğinde rulman komple değiştirilebilir (Akkurt, 2012b). Rulmanlar iç bilezik ile dış bilezik arasında yer alan yuvarlanma elemanlarının hareketi sayesinde iç bileziğe yataklanmış silindirik elemana uygulanan tork dış bileziğe aktarılmamaktadır. Yuvarlanma elemanlarının

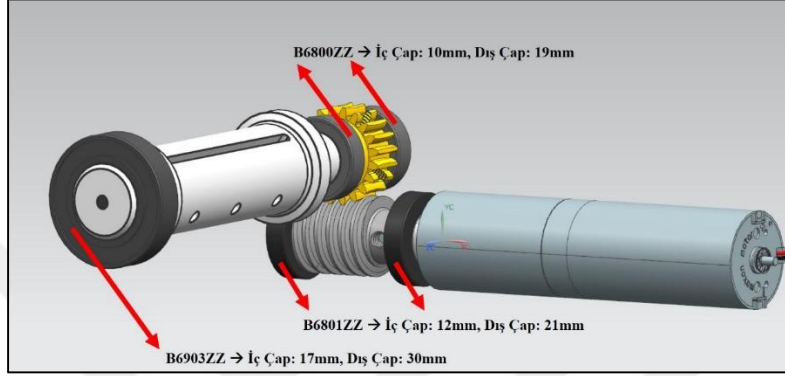
kaldırabileceği yükten fazlasına maruz bırakılması, sıcaklık farkları ya da kirlilik durumlarında dış bileziğe tork aktarımı oluşmaktadır ve rulmanda bozulma hatta parçalanma riski ortaya çıkmaktadır. Yuvarlanma elemanları dış bilezik ile iç bilezik arasında dönme esnasında sonsuz temas ettiği için rulmanın iç bileziğine yataklanan milin yüksek devirlerde döndürülmesi durumlarında aşırı ses ve aşınma meydana gelebilmektedir (Akkurt, 2012b). Fakat AATS'nin çalışma mantığı irdelendiğinde ve bir önceki bölümde verilen hesaplamalara göre turnike işlemi uygulanırken yataklanan elemanların dönme hızı incelendiğinde rulman ile yataklama bu sistem için ideal çözüm olmaktadır.

Rulmanla yataklamada dikkat edilmesi gereken en büyük husus rulmanın geçeceği silindirik cismin doğru toleranslar ile ürettirilmesidir. Uzaydaki katı cisimler şekillendirilirken bu cisimlere şekil veren araçların kesme uçlarının hassaslığı ölçüleri doğrudan etkilemektedir. 50 mm çapında olan bir paslanmaz çelik çubuğun 20 mm çapında bir silindirik cisme çevrilmesi sırasında üniversal torna tezgahının şekil verme amacı ile ucuna takılmış olan kesici takımın hassasiyeti bu ölçünün yüzde ya da binde oranlarda artıda ya da ekside gelmesine sebep olabilir. Operatör hataları ve şekil verme işleminin yapıldığı ortamın sıcaklığı bu hassasiyeti etkileyebilir. Bu hassasiyete göre ürettirilecek malzemeye tasarım mühendisleri tarafından uygulamadaki yerine göre toleranslar verilmektedir. Üretici, torna tezgahında malzemeye toleranslar içerisinde kalacak şekilde ölçü verir. Bu şekilde üretim tezgahından çıkacak bir malzeme yataklama elemanlarına uyum ile birleşir.

Rulmanların iç bileziği ile dış bileziği arasında yuvarlanma elemanlarının hassas bir şekilde dönebilmesi için belirli toleranslarda bırakılmış boşluklar vardır. Bu üretilen rulmanın kalitesini göstermektedir. İç bilezik içerisine yataklanacak olan silindirik cisim üst toleransın da üzerinde bir ölçü ile üretilmişse ve bu şekilde üretilen bir cisim zorla rulmana yataklanırsa bu durum iç bileziğin çapının büyümesine ve dış bileziğe baskı yapmasına sebep olacaktır. Böylelikle iç bilezik ile dış bilezik arasındaki yatak boşluğu ortadan kalkacak, yuvarlanma elemanları aşırı sürtünmeye maruz kaldığı için sistemin dönmesi zorlaşacaktır. Belirli bir süre sonra oluşan kasıntı sistemin tamamen hata vermesine sebep olacaktır. Eğer üretilen malzemenin toleransları oldukça küçük gelirse silindirik cisim rulman iç bileziğine tam oturmayacak ve boşluk oluşacaktır. Bu durumda kuvvetin dikey aşağı olduğu

noktalarda malzeme aşınacak ve yatağın dengesinin bozulmasına sebep olacaktır (Akkurt, 2012b).

AATS'nin sonsuz dişli mekanizması bu bölümde bahsedilen ilkelere uyacak şekilde üretilmiştir. AATS'nin sonsuz vida ve kasnak yapısında uç noktalardan sabitlemek için farklı çaplarda rulmanlar kullanılmıştır. Şekil 3.6'da AATS'ye ait rulman yataklamalarının tamamı gösterilmiştir.



Şekil 3.6: AATS Sonsuz dişli mekanizması rulman yataklaması.

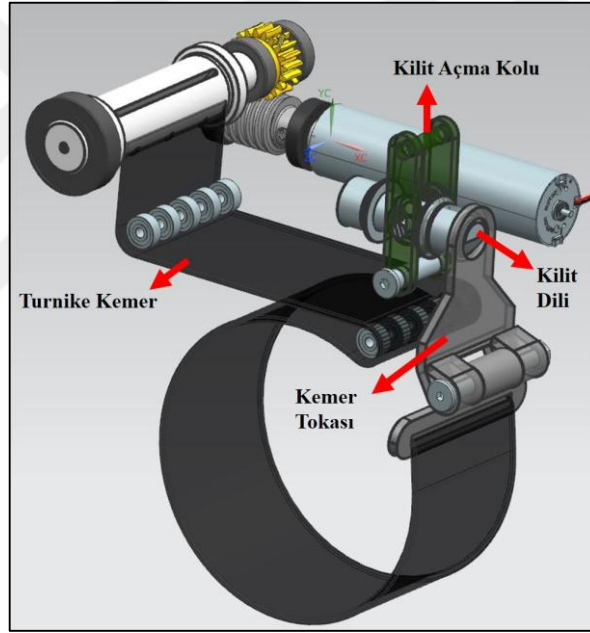
Şekil 3.6'da gösterildiği üzere rulmanlar hem sonsuz vidayı hem kasnağı uçlardan yataklamaktadır. Rulmanların sonsuz vida ve kasnağa tam uyumla oturabilmesi için gerekli toleransların parçaların ürettirileceği teknik resimde verilmesi gerekmektedir. Şekil 3.7'de sonsuz vidaya, Şekil 3.8'de kasnağa ait teknik resimlerde verilen toleranslar belirtilmiştir.

3.4 Turnike Kilitleme Mekanizması Tasarımı

AATS kanama olan ekstremiteye turnike işlemi uygulayarak yaralının acil müdahale ekibi gelene kadar hayatta kalmasını sağlamaktadır. AATS, önceki bölümlerde anlatıldığı üzere sonsuz dişli mekanizması kullanarak bir aktüatör ile kasnak üzerine kemerin sarılmasını ve bu şekilde turnike işleminin uygulanmasını sağlamaktadır.

Sonsuz dişli mekanizması bir önceki bölümde teorisi anlatıldığı üzere sadece sonsuz vidanın döndüren eleman olarak kullanılabildiği bir yapıya sahiptir. Bu durumda sistemin hareketi yalnızca motorun aktif edilmesi ile gerçekleşecektir. Olası bir turnike uygulamasında yaralı kendisine turnikeyi takmış ve başarılı bir şekilde çalıştırmış olduğunda turnikeyi uygulayan kemer zamanı gelmediği sürece gevşemeyecektir.

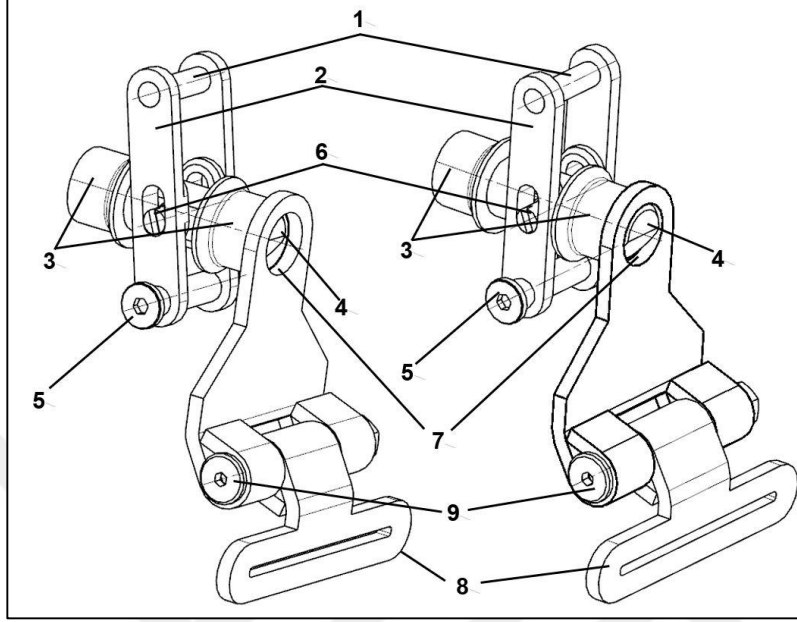
Fakat eğer bu kişiye acil müdahale ekibi ulaşmış ve yaralı hastaneye yetiştirilmiş ise ameliyata alındığında, turnikenin çıkarılması gerekmektedir. Bu durumda sistemin manuel olarak çıkarılabilmesi ve yaralının hızlı bir şekilde ameliyata alınması gerekecektir. AATS kilitleme mekanizması bu problemi çözmek için tasarlanmıştır. 3 boyutlu tasarımları SIEMENS NX programında gerçekleştirilen turnike kilitleme mekanizması Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Turnike işleminin başarılı gerçekleşebilmesi için kemer tokasının kilit diline geçmesi ve sistemin kilitlenmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde turnike kemeri sıkılarak turnikenin ekstremiteye basınç uygulaması gerçekleşmektedir. Acil müdahale ekibi yaralı ameliyata alınmadan önce kilit açma kolunu turnike kutusuna doğru çektiği anda kilit koluna bağlı olan kilit dili geri hareket ederek kemer tokasının sistemden ayrılmasını ve AATS'nin yaralıdan çıkarılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.9: AATS kilit mekanizması.

Turnike kilitleme mekanizmasının daha detaylı ve yakından görüntüsü Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Kilit pimi (1) iki uçtan bağlı olduğu (2) numaralı kilit kolunu hareket ettirmektedir. Kilit kolu (3) numaralı burçlar ile yataklanmış olan kilit dilini (4) ileri geri hareket ettirerek kemer tokasının sistemde kilitlenmesini sağlamaktadır. (5) numara ile gösterilen piston civata ile sabitlenen iki paralel parçalı yapıdan oluşan kilit kolu içinde hareket eden, (6) numara ile gösterilen ve kilit diline sabitlenmiş olan mafsal pin; kilit kolunun hareketini kilit diline aktarması ile kilit dili (7) numara ile gösterilen toka deliğine dilin arkasında bulunan yayın itirme kuvveti ile geçerek

kilitlenmektedir. Kilit sisteminin açılması için kilit piminin çekilmesi gerekmektedir. (8) numara ile gösterilen ve kemerin takılmasını sağlayan kapalı halka (9) numara ile gösterilen menteşe civatası ile kilit tokasına bağlanmaktadır.



Şekil 3.10: AATS kilit mekanizması numaralı gösterim.

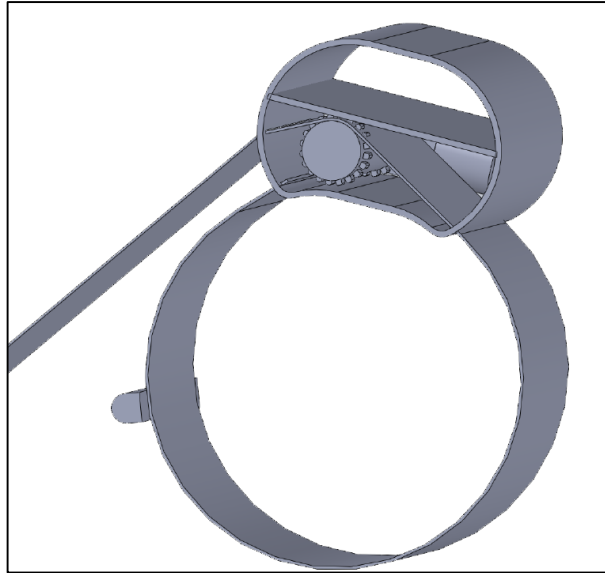
3.5 Ana Gövde Mekanik Tasarımı

AATS birçok alt elemanı bulunan temel amacı turnike uygulamak olan elektro mekanik bir sistemdir. AATS, ana gövdesi içerisinde bulunan tüm elemanları kapsayan ve bu elemanlara sıvı girişini engelleyen sızdırmazlık elemanlarını da barındıran oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Sadece üç boyutlu yazıcı ile üretilebilecek, tez çıktısı olan prototip ana gövdesinin seri üretime dönüşmesi durumunda revize edilmesi gerekecektir.

Ana gövde tasarımı tez çalışmalarının başından itibaren toplamda beş kez revize edilerek tez çıktısı olan son halini almıştır. Ana gövde tasarımı AATS'nin tüm mekanik ve elektronik parçalarını kapsayan bir yapıya sahip olduğu için ana gövde tasarımı turnike sisteminin de genel yapısını ortaya koymaktadır. Turnike sistemi tasarım çalışmaları ilk versiyonda konsept tasarımlar olarak üç farklı şekilde tasarlanmıştır. Bu sistemler sırasıyla kemer çekmeli turnike sistemi Şekil 3.11, kemer sarmalı turnike sistemi Şekil 3.12, kemer kilitli turnike sistemi Şekil 3.13 olmak üzere gösterilmiştir. Turnike sistemi birinci versiyon tasarım çalışmaları

SOLIDWORKS programı ile gerçekleştirilmiştir. Gerçek ölçülerde yapılan birinci versiyon çalışmalarından ilki olan kemer çekmeli turnike sisteminde yaralı, turnike sistemini yaralanmasının olduğu ekstremiteye distal uçtan takarak ekstremitenin proksimaline kadar çıkarması ve daha sonra turnike ana gövdesi içerisinde bulunan turnike kemerini eliyle çekerek turnike kemer boşluğunu alması daha sonra da kutu üzerindeki düğmeye basarak sistemi çalıştırması hedeflenmiştir. Sistem çalışmaya başladığında yaralının ekstremitesine turnike uygulanacak ve kanama duracaktır. Bu uygulama insan üst ekstremitesi için kolay olsa da alt ekstremitelerde turnikeyi takmak için ayağına kadar yaralının uzanması gerekecektir. Bu uygulama güçlü sebebiyle konsept olarak bu sistemin doğru olmadığı sonucuna varılmıştır.

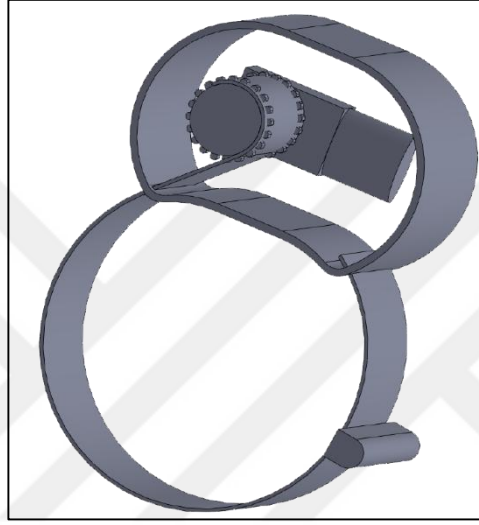
Gerçek ölçülerde yapılan birinci versiyon çalışmalarından ikincisi olan kemer sarmalı turnike sisteminde yaralı, turnike sistemini yaralanmasının olduğu ekstremiteye distal uçtan takarak ekstremitenin proksimaline kadar çıkarmaktadır. Yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline kadar çıkarılan sistemin çalışması için düğmeye basıldıktan sonra sistem otomatik olarak salınmış kemeri içerisinde bulunan kasnağa sararak turnike işlemini gerçekleştirmektedir. Fakat ilk konseptte olduğu gibi kapalı kemer çevriminin özellikle alt ekstremitelerde takma zorluğu sebebiyle bu konseptin de doğru olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



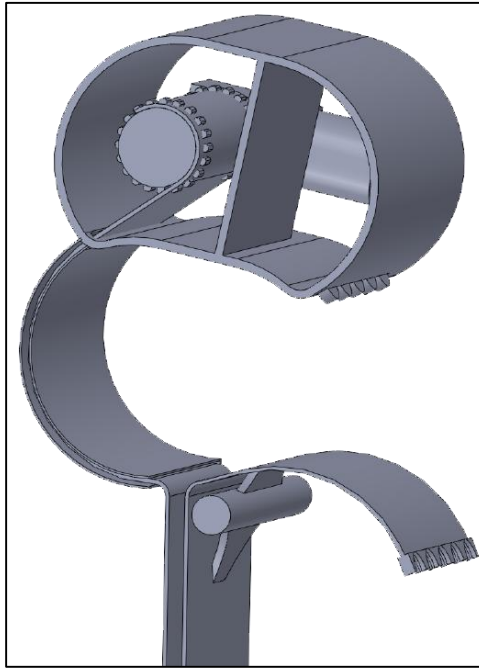
Şekil 3.11: Kemer çekmeli turnike sistemi.

Gerçek ölçülerde yapılan birinci versiyon çalışmalarından üçüncüsü olan kemer kilitli turnike sisteminde yaralı, turnike sistemini yaralanmasının olduğu ekstremiteye

proksimal taraftan takabilmektedir. Kemer açık olarak tasarlanan bu konseptte turnike sistemi ekstremitenin sağından ya da solundan ekstremiteye takılır, daha sonra açıkta kalan kemer ucu turnike kutusuna özel bir kilitleme mekanizması ile birleştirilir. Daha sonra yaralı sistem çalıştırma düğmesine basarak sistemi çalıştırır, sistem çalışınca boşta kalan kemer sistem tarafından otomatik olarak kasnak üzerine sardırılır ve turnike işlemi uygulanmış olur. Önceki iki konseptte olduğu gibi distal uçtan turnike uygulanmadığından turnike sistemi için bu konseptin uygulanması hedeflenmiştir.

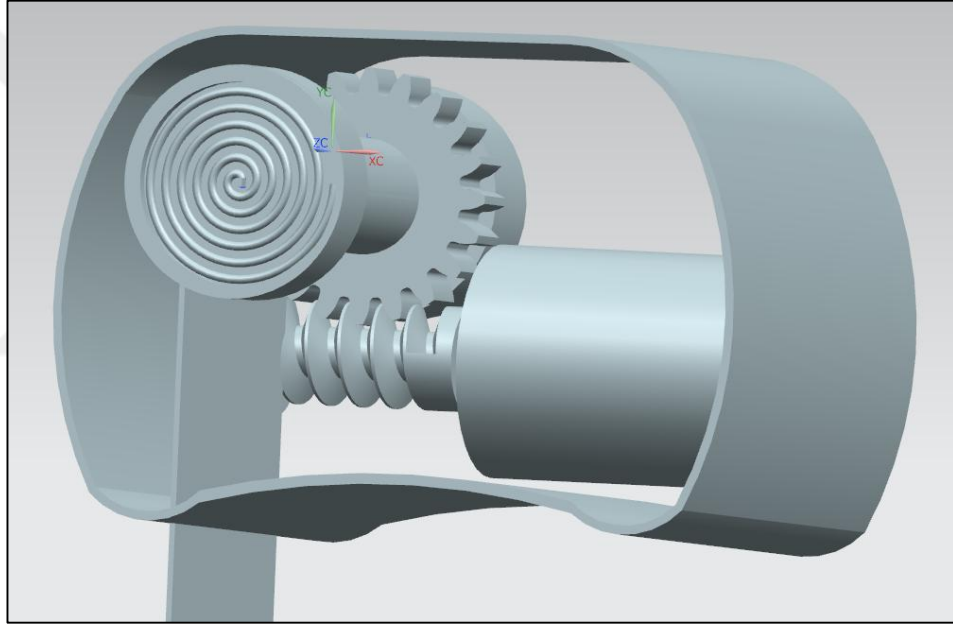


Şekil 3.12: Kemer sarmalı turnike sistemi.



Şekil 3.13: Kemer kilitli turnike sistemi.

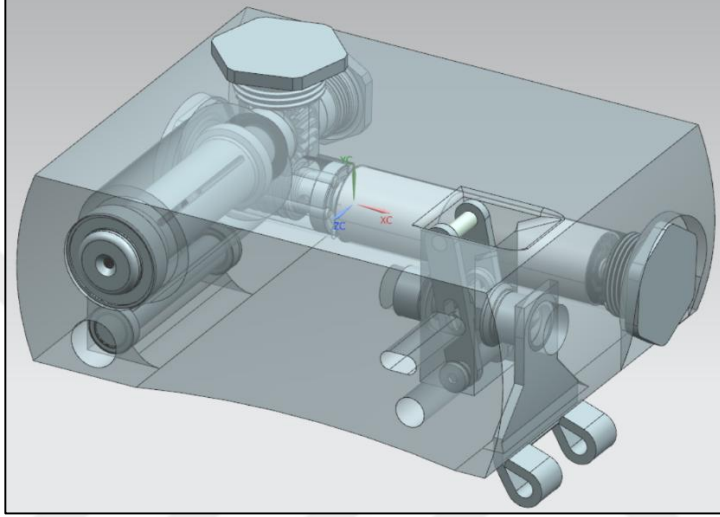
Konsept tasarıma karar verildikten sonra karar verilen kemer kilitli sistemin hangi mekanik altyapı ile çalışılacağı konsept tasarım gerçekleştirilmiştir. Bu fazdan itibaren tasarımlar SIEMENS NX programı ile yapılmıştır. Mühendislik çözümlerini daha detaylı sunabilmesi, kesitsel görüntüler ile üç boyutlu tasarım kolaylığı, gerçek zamanlı simülasyonlar yapılabilmesi ve özellikle parametrik tasarım yapılabilme kolaylığı avantajlarından dolayı SIEMENS NX programı tercih edilmiştir. Kilitli kemer turnike sistemi ikinci versiyon olarak SIEMENS NX programında yenilenmiştir. Şekil 3.14’te gösterilen ikinci tasarımda mekanik altyapı olarak sonsuz dişli mekanizması kullanılmıştır. Motor seçimi ve dişli redüksiyon hesabı bu fazda yapılmadığı için bu tasarımsal çalışma da mekanik konsept tasarım olarak konumlandırılmıştır.



Şekil 3.14: Kemer kilitli turnike sistemi ikinci versiyon.

Kemer kilitli turnike sisteminin ana gövde tasarımı üzerinde yapılan çalışmalar mekanik altyapının güçlendirilmesi ve mühendislik hesaplamaları ile gerçekleşmesi ile Şekil 3.15’te gösterilen üçüncü versiyon geliştirilmiştir. Üçüncü versiyonda sonsuz dişli mekanizması tasarlanmış, motor hesaplamalara uygun olarak seçilmiş, turnike kemerinin sarılacağı kasnak ve turnike kilit sistemi tasarlanmıştır. Mekanik altyapısı güçlendirilmiş olan üçüncü versiyonda tüm mekanik sistemi kapsayan bir ana gövde tasarımı da yapılmış ayrıca bu yapının, sistemin içine su sızdırmasının engellenmesi için sızdırmazlık kapakları da tasarlanmıştır. Mevcut mekanik altyapının muhafaza edileceği ana gövdenin de yaklaşık olarak boyutları oluşmuştur.

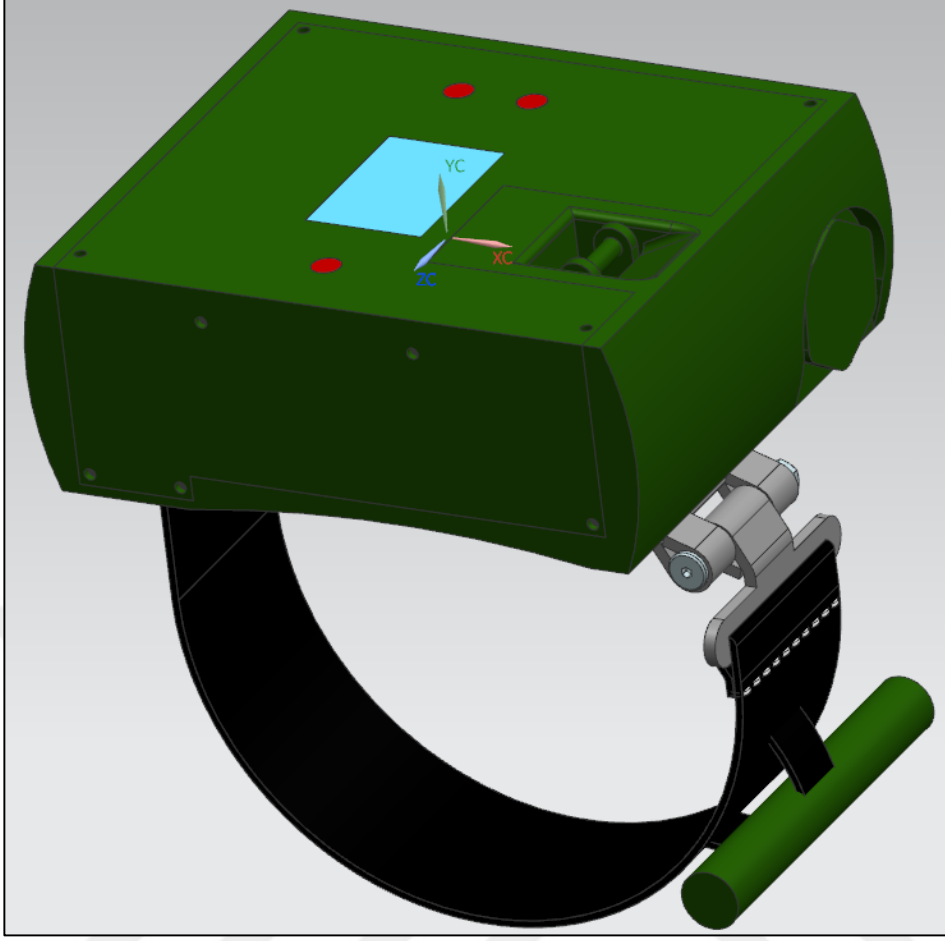
Şekil 3.16’da gösterilen dördüncü versiyon ile turnike sistemi transparan görüntü ile ana gövde üçüncü versiyon tasarımı bir prototip olacak şekilde geliştirilmiştir. Yapılan yenilemeler ile sistemin elektronik altyapısı güçlendirilmiş, sistem kullanıcı düğmeleri, kullanıcı bilgilendirme ekranı, sistem kontrol kartı, ana gövde üst sızdırmazlık kapağı tasarlanmıştır. Kemer kilitli turnike sisteminin dördüncü versiyonunun transparan olmayan üç boyutlu tasarım görüntüsü Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15: Kemer kilitli turnike sistemi üçüncü versiyon.

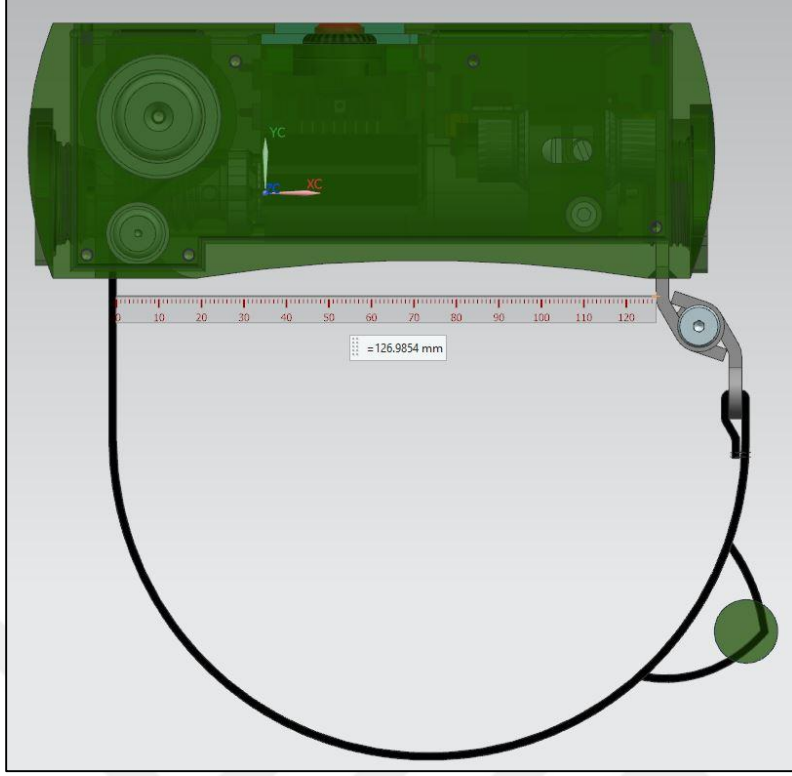


Şekil 3.16: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon transparan görünüm.



Şekil 3.17: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon.

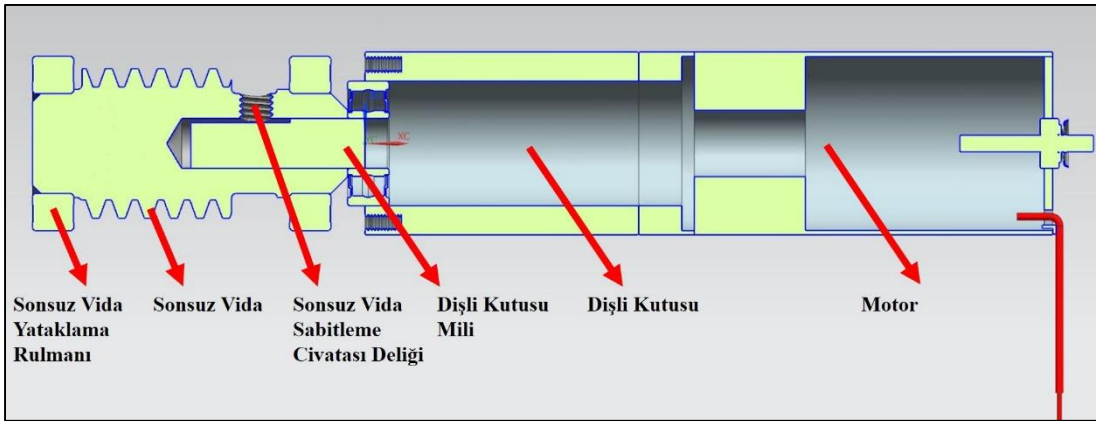
Kemer kilitli turnike sisteminin dördüncü versiyonu, sistemin bir prototip haline getirilen ilk tasarımıdır. Fakat tasarımsal revizyonlar tez çalışmaları boyunca devam etmiştir. İlk prototip tasarımı değerlendirildiğinde işlevsellik ve mekanik altyapı olarak isterleri sağlamakla birlikte asıl amacı olan turnike işlemini uygulamak açısından bazı şüpheleri doğurmuştur. Şekil 3.18’de gösterilen kemerin kasnağa sarıldığı nokta ile kemerin diğer ucunun turnike sistemi ana gövdesi ile birleşip kilitlendiği nokta arasında yaklaşık olarak 127 mm lik bir mesafenin olması turnike sisteminin hem kol hem bacak için uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır. Genel olarak alt ekstremitte çevresi turnike kullanıcılarında üst ekstremitelere göre daha geniş olduğu için sistemin alt ekstremitte yaralanmasında kullanılabileceğini ancak üst ekstremitte yaralanmalarında mevcut mesafenin turnike uygulamasını gerçekleştiremeyeceği ve kan akışının durdurulamayacağı kanısı nedeniyle bu tasarım üzerinde de revizyon yapılmıştır. Bu doğrultuda tezin çıktısı olan AATS beşinci versiyon ana gövde tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18: Kemer kilitli turnike sistemi dördüncü versiyon kemer kasnak ucu kemer kilit ucu arasındaki mesafe.

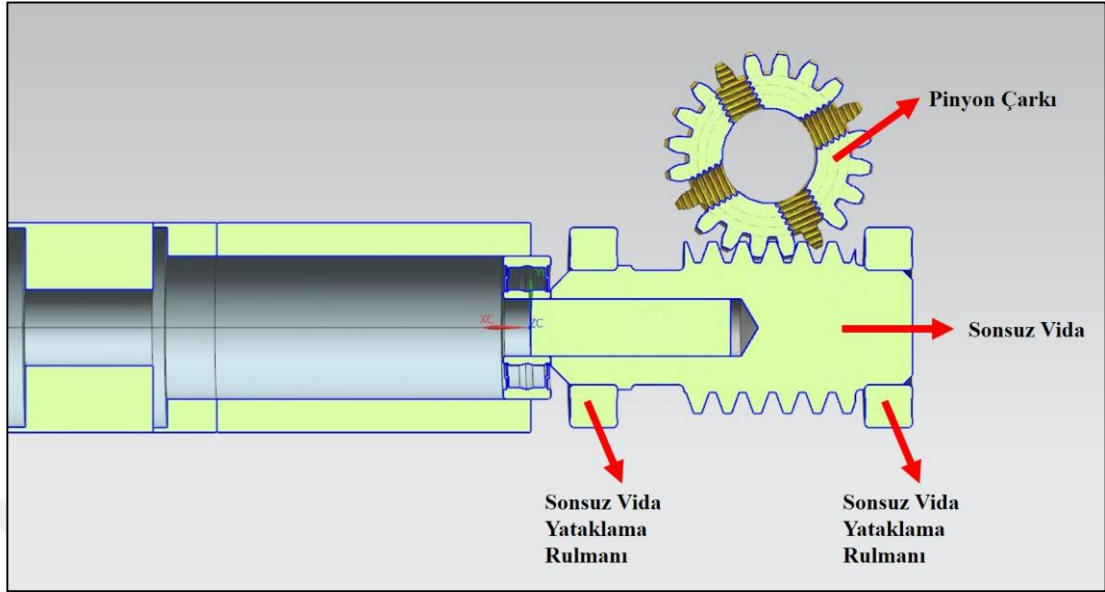
Bu bölümde sırası ile 3 boyutlu tasarım basamakları anlatılacak ve AATS beşinci versiyon ana gövde tasarımı gösterilecektir.

- Adım 1: Sistem gereksinimlerinin belirlenmesi,
- Adım 2: Turnike uygulaması için yeterli olan gücün belirlenmesi,
- Adım 3: Belirlenen gücü sağlayabilecek motorun seçilmesi,
- Adım 4: Seçilen motor ile uyumlu olacak şekilde sonsuz vidanın tasarlanması (Şekil 3.19),



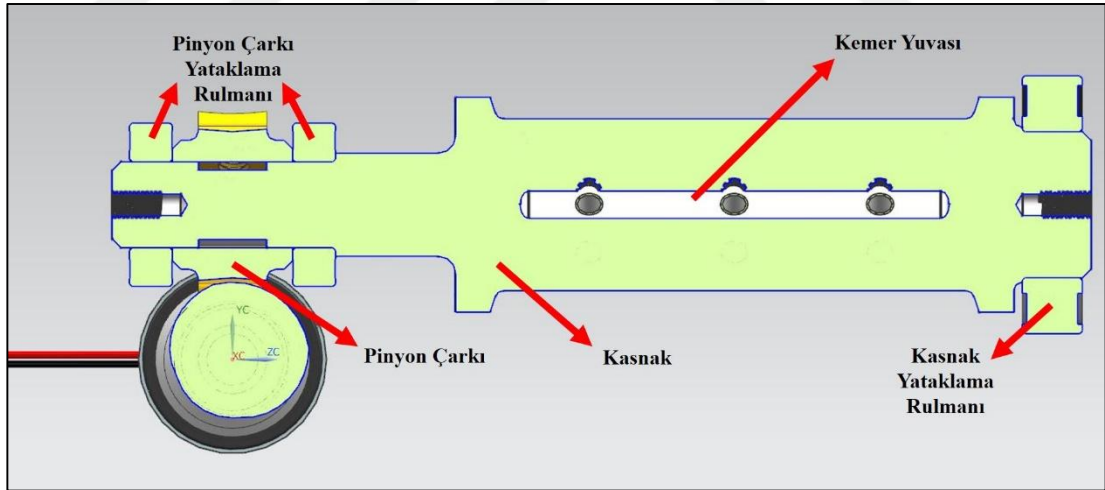
Şekil 3.19: Sonsuz vida motor – dişli kutusu birleşimi kesit görüntüsü.

- Adım 5: Sonsuz vida ile uyumlu olacak şekilde pinyon çarkının tasarlanması (Şekil 3.20),



Şekil 3.20: Sonsuz vida pinyon çarkı birleşimi kesit görüntüsü.

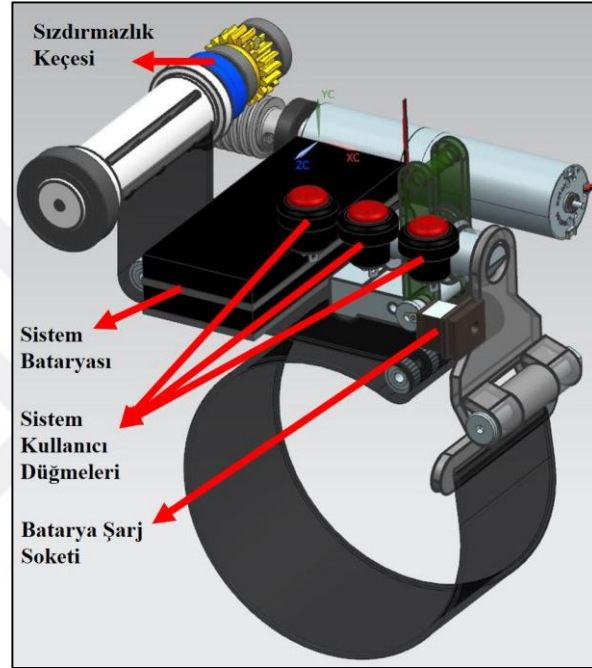
- Adım 6: Pinyon çarkı ile uyumlu olacak şekilde kasağın tasarlanması (Şekil 3.21),



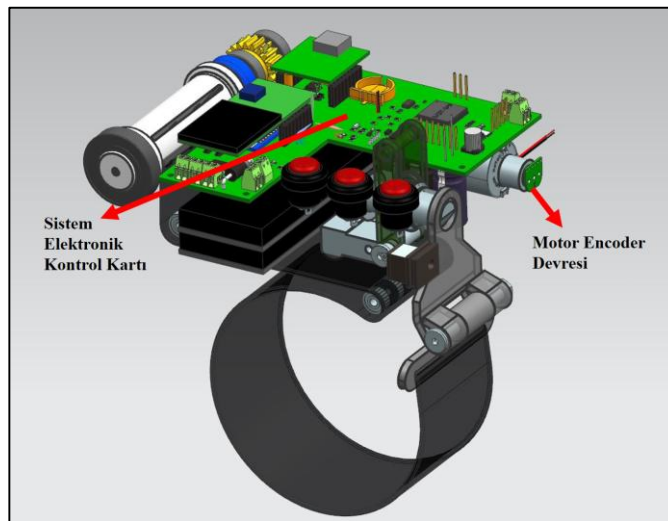
Şekil 3.21: Pinyon çarkı kasnak birleşimi kesit görüntüsü.

- Adım 7: Sonsuz dişli mekanizması yataklama rulmanlarının seçilmesi ve 3 boyutlu hazır tasarım dosyalarının tasarıma eklenmesi,
- Adım 8: Turnike kemerinin turnike uygulaması sırasında bir ekstremiteyi saracak şekilde tasarlanması,
- Adım 9: Turnike kemeri tokasının ve turnike kilit sistemi tokasının tasarlanması,

- Adım 10: Turnike kilit sisteminin tasarlanması,
- Adım 11: Sızdırmazlık keçesi, sistem bataryası, sistem kullanıcı düğmeleri, batarya şarj soketi üç boyutlu hazır tasarım dosyalarının tasarıma eklenmesi (Şekil 3.22),
- Adım 12: AATS elektronik kontrol kartı, motor encoder devresi üç boyutlu hazır tasarım dosyalarının tasarıma eklenmesi (Şekil 3.23),



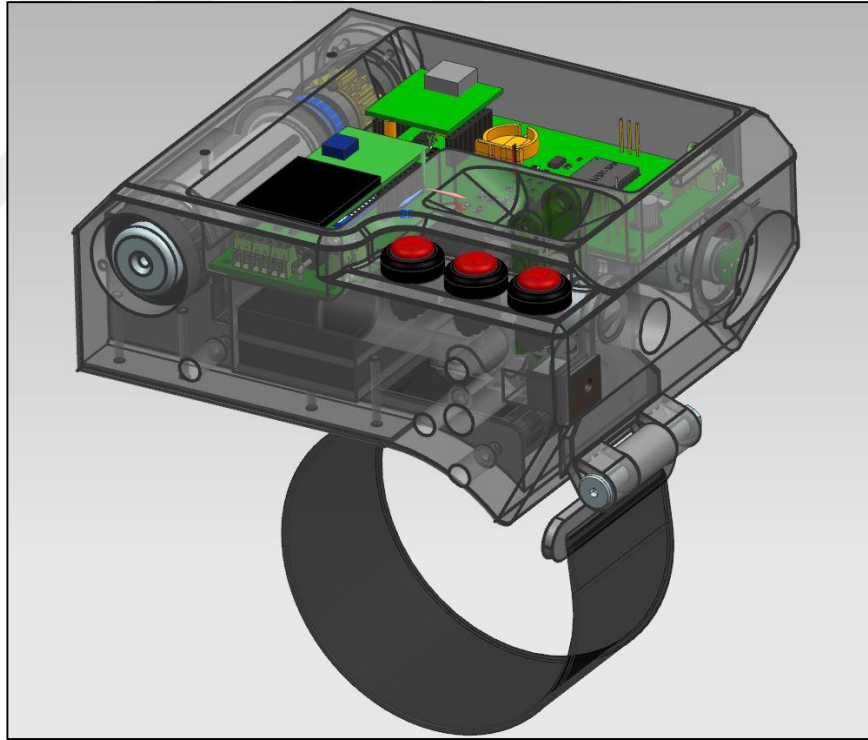
Şekil 3.22: AATS kasnak sızdırmazlık keçesi, sistem bataryası, sistem kullanıcı düğmeleri, batarya şarj soketi.



Şekil 3.23: AATS elektronik kontrol kartı, motor encoder devresi.

- Adım 13: AATS ana gövdesinin tasarlanması. Ana gövde; motor, sonsuz dişli mekanizması, turnike kemerinin sarıldığı kasnak yapısı, yataklama rulmanları, turnike kilit mekanizması, sistem bataryası, batarya şarj soketi, elektronik kontrol kartı, kuvvet sensörü, sistem kullanıcı düğmeleri, sızdırmazlık contaları ve motor sonsuz dişli mekanizması sızdırmazlık kapaklarını bir arada tutan bir yapıdır. Ana gövde tasarımı yapılırken hacim olarak tüm sistemi içerisine alabilecek bir dikdörtgenler prizması blok modellenir. Daha sonra modelleme sıralamasında verilen sistemlerin montajlanabilmesini sağlayacak şekilde ana gövde tasarımı işlenir. Her bir farklı model için bu modelin içeri girebileceği yuvalar oyulur.

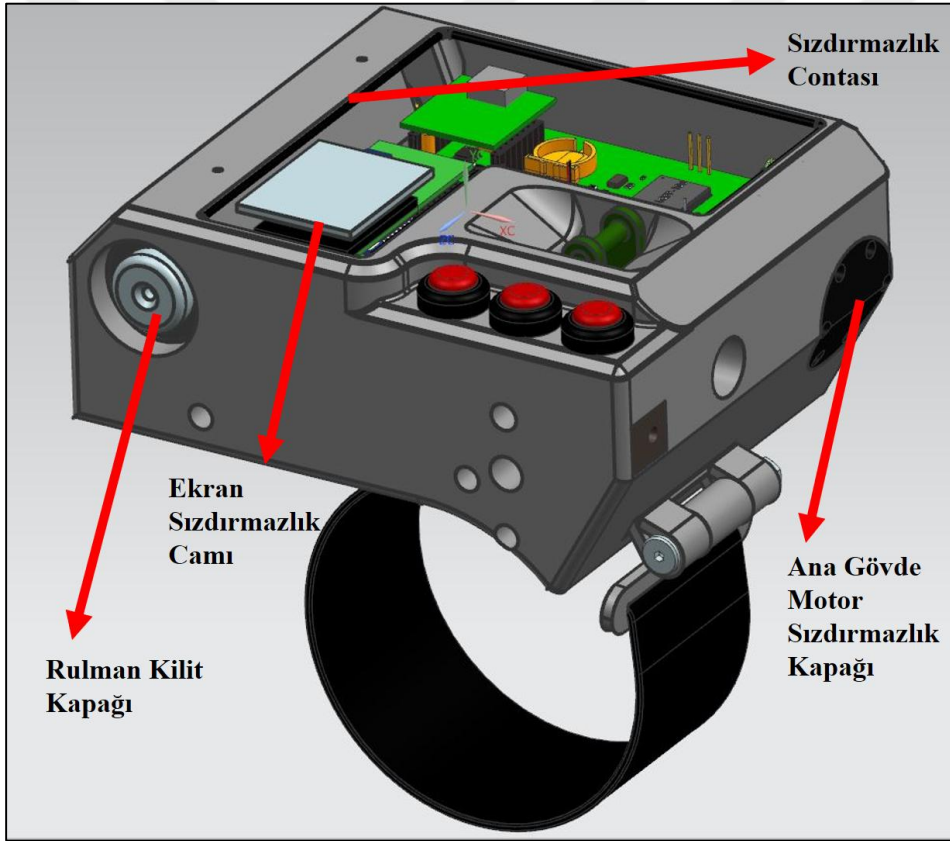
Ana gövdenin tek parçadan oluşması sistemin sağlamlığını artırmaktadır. Şekil 3.24'te transparan ana gövde tasarımı, Şekil 3.25'te transparan olmayan ana gövde tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 3.24: AATS ana gövde transparan görünümü.

Şekil 3.25'te gösterilen ana gövde motor sızdırmazlık kapağı AATS'nin aktüatörü olan motora sıvı girişini engellemektedir. Bu kapağın tam karşısında sonsuz vida ve motor flanşının montajlanması için açılmış olan oyuk da bu şekilde bir sızdırmazlık kapağı ile kapatılmıştır.

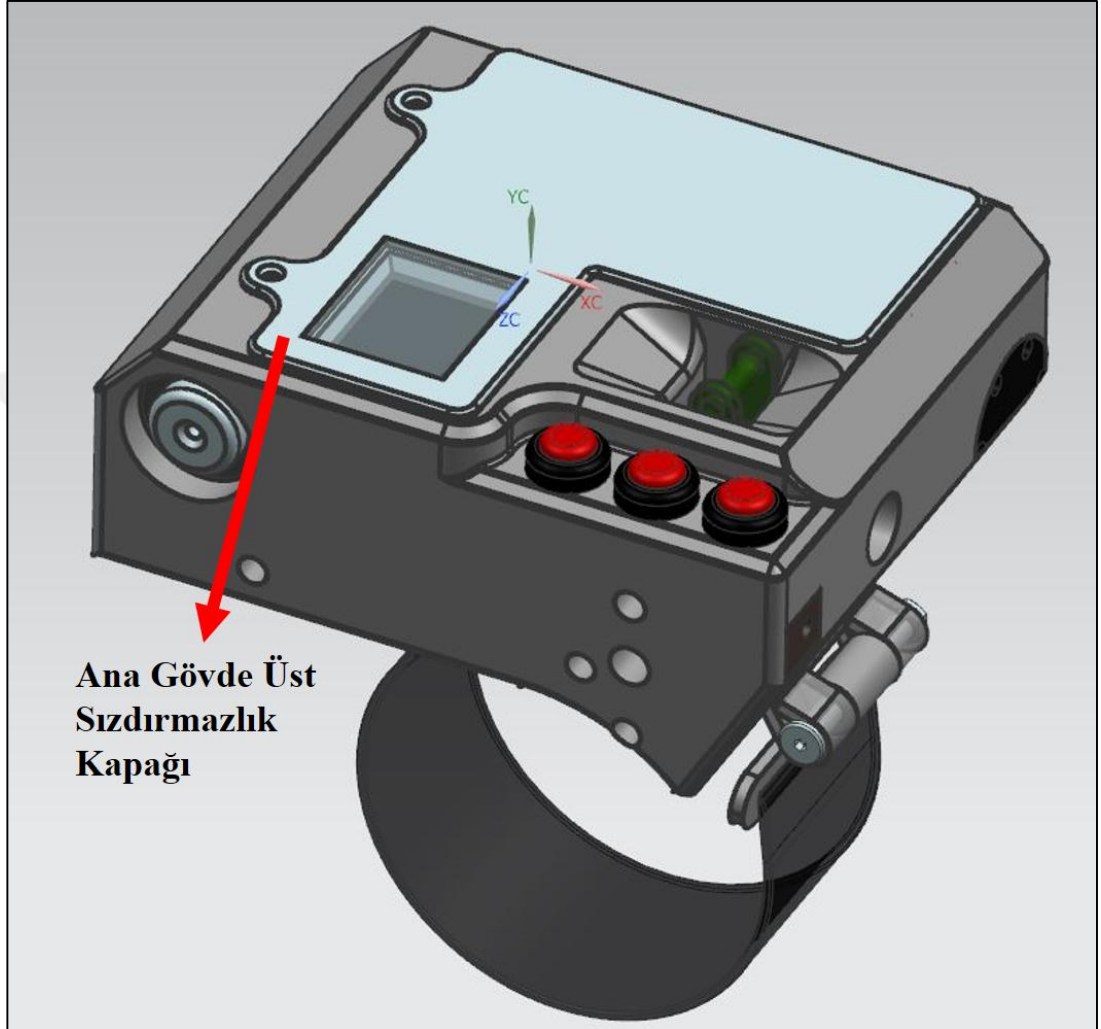
Kapağın oyuk içerisine giren halkası üzerinde bulunan kauçuk halka sayesinde dışarıdan içeriye sıvı girişi engellenmiştir. Şekil 3.25'te gösterilen sızdırmazlık contası şerit olarak ana gövde üst açılır oyuğunun üzerine kapanacak kapağın sıvı sızdırmazlığını sağlayacaktır. Aynı şekilde gösterilmiş olan ekran sızdırmazlık camı üst kapağa sıvı sızdırmayan bir yapıştırıcı ile yapıştırılarak üst kapağın tek açık olan boşluğu izole edilecektir. Bu sayede kullanıcı ekranı görebilecektir. Şekilde gösterilen rulman kilit kapağı kasnak yataklama ucundan kasnağa sabitlenmektedir. Bu kapak sadece yataklama rulmanının iç bileziğine bastığı için kasnağın dönmesine engel teşkil etmeyecektir. Kasnağın çalışma esnasında montaj yuvasından çıkmaması için kullanılmıştır.



Şekil 3.25: AATS ana gövde sızdırmazlık elemanları ile görünümü.

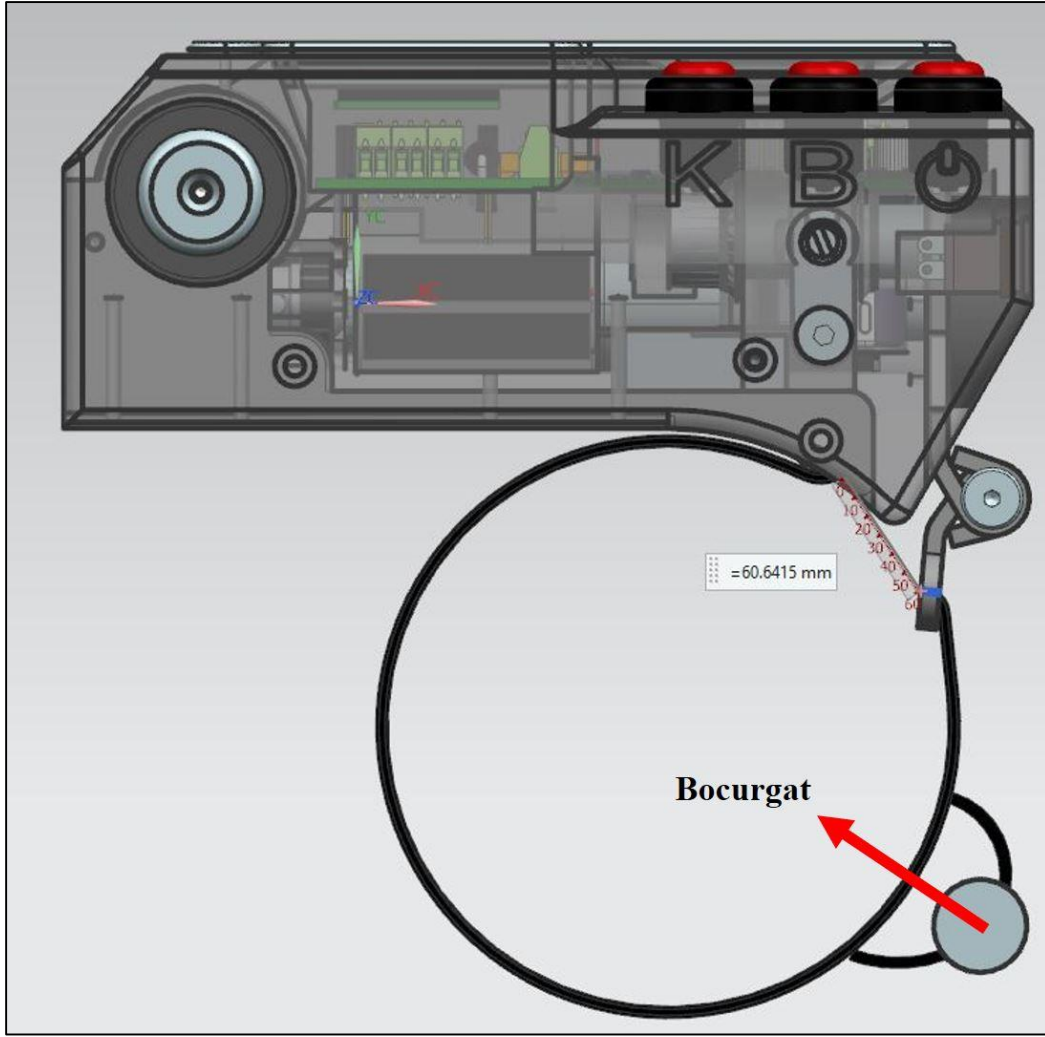
AATS'nin elektronik tüm parçalarına sıvı girişinin kesilmesini sağlayan son parça ana gövde üst sızdırmazlık kapağıdır. Şekil 3.26'da gösterilen kapak sistem elektronik kontrol kartına, sistem şarj devresine, sistem bataryasına, kullanıcı ekranına sıvı girişini engellemektedir. Sistemin elektronik kontrol kartı ve kullanıcı arasındaki iletişimi kurmasını sağlayan; kol ekstremitesine turnike uygulanması

durumunda basılacak düğme, bacak ekstremitesine turnike uygulanması durumunda basılacak düğme ve sistemin açılıp kapanması için basılacak düğmeler IP67 standardına uygun olarak seçilmiştir. IP 67 standardı ile üretilmiş ürün toz ve su geçmesine karşı izole edilmiştir.



Şekil 3.26: AATS ana gövde üst sızdırmazlık kapağı.

Şekil 3.27’de AATS’nin ana gövde tasarımında yapılan son revizyonlar ile turnike kemeri uçları arasındaki mesafe %47.75 oranında azaltılarak turnike sisteminin hem kol hem bacak için uygulanabilir hale gelmesi sağlanmıştır. Aynı şekilde gösterilen bocurgat yapısı manuel turnikelerde de olan bir yapıdır. Bocurgat herhangi bir aksilikten dolayı sistem mekanizmasının çalışmaması durumunda kemerin el yordamı ile sıkılarak manuel turnike işlemi yapılabilmesi için konulmuştur.



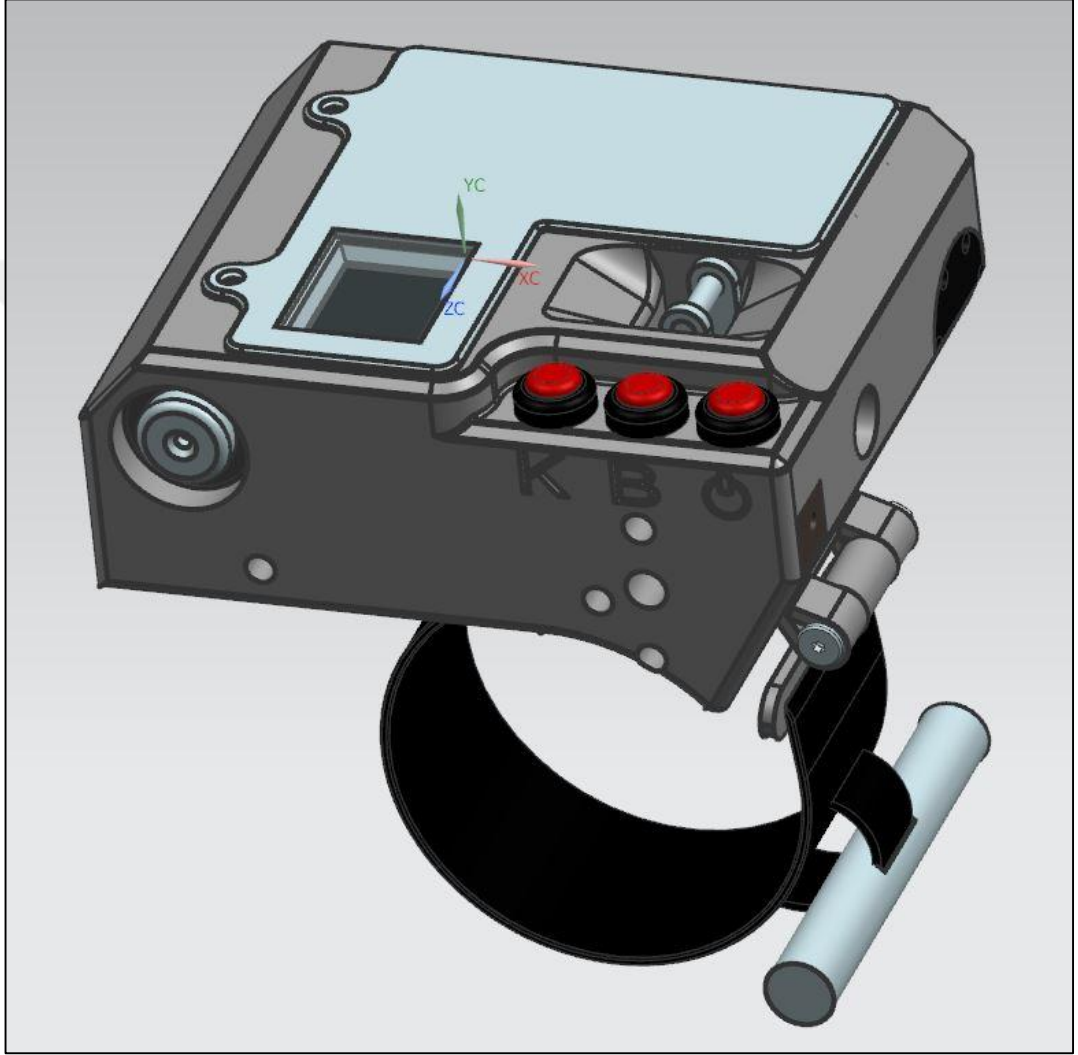
Şekil 3.27: Kemer kilitli turnike sistemi beşinci versiyon kemer iki uç arasındaki mesafe.

Şekil 3.28’de kemer kilitli turnike sistemi beşinci son revizyonu AATS gösterilmektedir. Böylelikle AATS üç boyutlu mekanik tasarımı sonlanmaktadır. Tezin beşinci bölümünde tasarlanan modele göre üretilen AATS’ye ait gerçek resimler verilecektir.

3.6 Kemer Yapısı

Turnike kemeri yüksek kuvvetlere dayanabilen bir yapıda olmalıdır. Turnike uygulamasında kan akışının durması için kemere 500 N mertebelerinde kuvvet uygulanmaktadır. “Motorlu Araçların Emniyet Kemerleri Ve Bağlama Sistemleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği” kapsamında emniyet kemerleri “77/541 AT (Araç Tipi)” onay belgesine sahip olmalıdır.

Yönetmeliğe göre bu belgeye sahip olan araç ekipmanları yapılan testler sonucunda 1470 N'luk kuvvetlere kadar dayanabilmektedir. EK 2'de onay belgesi verilen emniyet kemeri "77/541 AT (Araç Tipi)" onay belgesine sahiptir. AATS'de turnike kemeri olarak kullanılan emniyet kemeri sahip olduğu onay belgesine göre turnike işlemi sırasında uygulanacak kuvvetin çok daha fazlasına dayanabilmektedir. Kullanılan kemerin eni 47.6 mm, kalınlığı 1 mm dir.



Şekil 3.28: Kemer kilitli turnike sistemi beşinci versiyon – AATS.



4. SİSTEM ELEKTRONİK TASARIMI

4.1 Gömülü Yazılım Geliştirilmesi

AATS askeri alanda gerçekleşen yaralanmalarda kan akışını durdurmak için kullanılan akıllı bir sistemdir. AATS içerisinde elektronik kontrol kartı, turnike mekanizması, turnike kemer kilit mekanizması, sistem bataryası, kullanıcı bilgilendirme ekranı ve kullanıcı sistem kontrol düğmelerini barındırmaktadır. 3 adet sistem kullanıcı düğmesi bulunan AATS, çalıştırılmak istendiğinde sistem açma – kapatma düğmesine basılmalıdır. Sistem açıldığında elektronik kontrol kartına güç gitmekte ve mikrodenetleyici çalışmaktadır. AATS elektronik kontrol kartınının kontrolcüsü olarak ARM mimarili STM32F407VGT6 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. 100 pinli LQFP paket tipine sahip olan denetleyici 32 bit M4 Cortex işlemciye sahiptir. İçerisinde bulunan frekans çarpıcı devreler ile işlem hızı olarak 168 MHz hıza çıkabilmektedir. UART, SPI, I²C, CAN, Ethernet haberleşme protokollerini destekleyen mikrodenetleyici AATS sisteminin çevresel birimler ile birlikte koordineli çalışmasını sağlamaktadır. Seri kablo debug modu ile flash hafızasına gömülü yazılım gömülebilen işlemci tezin bu bölümünde anlatılacak olan algoritmayı çalıştırmaktadır.

Mikrodenetleyici, çalıştıktan sonra kullanıcının “Kol” ya da “Bacak” düğmesine basmasını beklemektedir. Bu sırada mikrodenetleyici ile SPI haberleşme protokolünü kullanan kullanıcı bilgilendirme ekranında da gerekli uyarı yapılarak kullanıcı tarafından yaralanmanın olduğu ekstremitenin baş harfinin yazdığı düğmeye basılması beklenmektedir. Kullanıcı düğmeye bastığında o ekstremitte için seçilmiş fonksiyon çalışmaktadır. Fonksiyon çalıştığında, TIMER 3 ve TIMER 4 yazmaçları aktif edilmektedir. Sistem tarafından TIMER yazmaçları iki farklı amaç için kullanılmaktadır. Temel işlevi belirli bir frekansta çalışmakta olan kristalin üretmiş olduğu elektriksel sinyaller ile saat sinyali üreten TIMER yazmaçları belirli bir frekansta yapılacak tüm işlemler için kullanılmaktadır. TIMER yazmacı ile turnike

uygulaması ve bekleme modu süreçleri sayılmaktadır. TIMER 3 yazmacı bu amaç ile kullanılarak sistem içerisindeki zaman değişkenlerini kontrol etmektedir. TIMER 4 ise motorun sürülebilmesi için PWM sinyalinin üretilmesini sağlamaktadır. Bir sonraki bölümde çalışma mantığı anlatılacak olan PWM sinyali belirli frekansta gücü ayarlanabilir tetikleme sinyali olarak tanımlanabilir. TIMER yazmaçlarının aktif edilmesinden sonra sırasıyla encoder ve kuvvet sensöründen veri almak için gerekli başlangıç fonksiyonları çalıştırılmaktadır. Motorun arka miline bağlı olan encoder motorun ileri ya da geri yöndeki hareketini ve motorun tur sayısını hesaplamak için kullanılmaktadır. AATS motor encoderi her bir motor turu için 3 adet dijital tepe sinyali üretmektedir. Bu değişimin algılanması mikrodenetleyicinin harici kesmeleri ile yapılmaktadır. Mikrodenetleyiciye gelen “tepe sinyallerinin sayısı / 3” kadar tur motor tarafından turnike kemerinin sıkılması ya da gevşemesi yönünde atılmaktadır. Mikrodenetleyici tarafından hesaplanan tur sayısı I²C ile haberleşen EEPROM modülüne her motor sürülme işleminden sonra kayıt edilmektedir. Tur sayısı ve yönünün sistem tarafından bilinmesi ile sistemin başlangıç konumuna otomatik gelmesi sağlanmaktadır. Yapılan ar – ge çalışmalarında hem kol hem bacak düğmesine uzun süre basıldığında sistem başlangıç konumu moduna geçmektedir ve EEPROM da yazan tur sayısı ve yönüne göre, tur sayısını tam ters yönde sıfırlayarak motor başlangıç konumuna alınabilmektedir. Motorun çalışmasını otomatik olarak durduran, diğer bir deyişle kanamanın durduğu noktada sistemin de durmasını sağlayan kuvvet geri bildirimci kemer altına yerleştirilmiş olan bir kuvvet sensörü ile sağlanmaktadır. Motor encoderi kullanılarak motor hareketlerinin kayıt altında tutulması ve sistemin bu bilgileri kullanarak başlangıç durumuna gelmesi ile motorun çalışmasının kontrol edildiği kuvvet sensörünün kalibrasyonu yapılmıştır. Kuvvet sensörü, kol ya da bacak düğmesine basıldığı anda çıkış sinyalini mikrodenetleyiciye göndermektedir. Mikrodenetleyici kol ya da bacak düğmesine basıldığı anda kuvvet sensöründen gelen veriyi 16 bit çözünürlüğe sahip olan ADC si ile çözümleyip, motorun turnike işlemini yapmak için ileri yöndeki hareketin hangi noktada duracağını çözümlenen değerler ile belirlemektedir. AATS kontrolcüsünün algoritmik olarak kol ve bacağı ayırdığı tek nokta bu iki fonksiyon için motor durma eşik değerini değiştirmesidir. Kuvvet sensöründen bacadaki kan akışını durdurmak için daha büyük bir değer bekleyen sistem yeterli sıkma uygulanıp sensörden istenilen kuvvet değeri geldiği anda motor PWM sinyalini sıfırlayarak sistemin durmasını sağlamaktadır.

Önceki bölümde anlatılan sonsuz dişli mekanizması motor çalışmadığı sürece kemerin bağlı olduğu kasnak yani kasnak ile eş merkezli olarak dönen pinyon çarkının hareketi ile çalışmadığı için motorun enerjisinin kesildiği noktada kilitlenmektedir. Motor durup turnike işlemi uygulandıktan sonra kullanıcı bilgilendirme ekranında “Turnike Başarı İle Uygulanmıştır” ibaresi görülmektedir. Turnike işlemi tamamlanınca harici olarak süreyi hesaplayan TIMER 3 yazmacı bu ana kadar hesapladığı süre değerini T1 değişkenine kaydetmektedir. Daha sonra sayacı sıfırlayan TIMER yazmacı turnike uygulama süresini hesaplamak için tekrardan zaman saymaya başlamaktadır. TIMER yazmaçlarının yaptığı işlemler donanımsal olarak sistem saat sinyali üretildiği müddetçe yapılmaktadır. Mikrodenetleyici içerisinde çalışan ve durmadan dönen ana kod ile TIMER yazmaçlarının aktif edilmesi ya da aktifliğinin durdurulması sağlanmaktadır. Ana algoritma TIMER’ı tekrar aktif ettiğinde mikrodenetleyici USART 3 üzerinden veri gönderip alma protokolünü başlatmaktadır. USART 3 kanalına bağlı olan GPS modülü sistemin çalıştığı konumu eğer açık arazide ise tespit ederek mikrodenetleyiciye göndermektedir. Mikrodenetleyici GPS modülünden konum sinyalini aldığı anda kullanıcı bilgilendirme ekranından yaralıya, konumunun tespit edildiğini göstermektedir. Daha sonra mikrodenetleyici USART 6 üzerinden veri gönderip alma protokolünü başlatmaktadır. Mikrodenetleyici USART 6 kanalına bağlı olan Bluetooth modülü ile yaralının T1 sürede uyguladığı turnike süre bilgisini, GPS modülü ile bulunan enlem ve boylam bilgisini, kuvvet sensöründen alınan turnikenin uyguladığı kuvvet bilgisini ve yaralıya ait kan grubu bilgisini bir metin dosyası şeklinde CENKER sistemine göndermektedir. Bluetooth protokolü ile alınan yaralıya ait bilgiler daha sonra CENKER sistemi ile karargaha gönderilmektedir. Gerekli bilgiler karargaha gönderildikten sonra kullanıcı bilgilendirme metni, sistem kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden AATS kullanan yaralıya gösterilmektedir. Algoritma ile bu aşamadan sonra kullanıcı bilgilendirme ekranından anlık geçen süre kullanıcıya gerçek zamanlı olarak gösterilerek 1 saat boyunca başka hiçbir fonksiyon çalıştırılmamaktadır. 1 saatlik süre tamamlandıktan sonra turnike gevşeme moduna geçerek turnike uygulanma zamanı T2 değişkenine aktarılmaktadır. Süre dolduktan sonra kullanıcıya turnikenin uygulandığı ekstremitenin adının yazdığı kol ya da bacak düğmesine tekrar basması istenmektedir. Bunun amacı kullanıcının hayatta olup olmadığına dair tekrar bilgi almaktır.

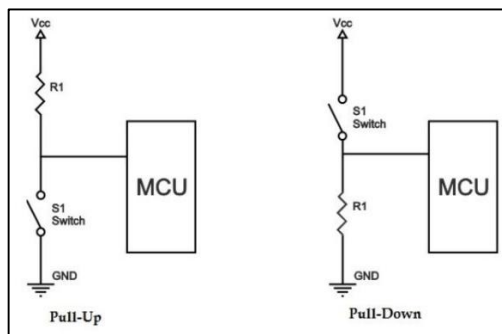
Fakat turnike uygulanmadan önceki kan kaybına bağlı olarak ya da hava koşullarına bağlı olarak veya başka bir sebepten yaralı bilincini kaybederse ve düğmeye basamaz ise 15 saniye içerisinde sistem otomatik olarak motoru ters yönde sürerek turnikenin gevşemesini sağlamaktadır. Turnike gevşetilirken kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden yaralıya turnikenin gevşetildiği uyarısı yapılmaktadır. Turnike kemeri gevşetilirken motor ters yönde hareket etmektedir. Bu sırada encoder tekrar çalışmaya başlayarak motor tur sayısını saymaktadır. Motorun duracağı noktanın eşik değerinin belirlenmesi için aynı şekilde kuvvet sensöründen yararlanan sistem, kuvvet sensöründen gelen analog sinyal fonksiyon içerisindeki eşik değere düşene kadar çalışmakta ve kemeri gevşetmektedir. Bu sırada TIMER 3 yazmacı kendisini sıfırlayarak turnike gevşetme anında geçen süreyi T3 değişkenine atamaktadır. Motorun ters yöndeki hareketi tamamlanınca encoderden alınan tur sayısı ve motor dönme yönü EEPROM a kayıt edilmektedir. Sistem belirlenen eşik değerine gelinceye kadar motoru sürüp turnike kemerini gevşetince kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden turnike gevşetme işleminin başarı ile gerçekleştirildiği yaralıya bildirilmektedir. Turnike gevşeme süresi 5 dakika olarak belirlenmiştir. Bu süre turnike uygulanmış dokularda perfüzyon için yeterli olup kangren riskini azaltmaktadır. Geçen 5 dakikalık süre içerisinde TIMER 3 yazmacı kendisini sıfırlayarak yeni süreyi T4 değişkenine kaydetmektedir. Mikrodenetleyici tekrardan USART 2 ve USART 6 haberleşme protokollerini başlatarak önce yeni konumu belirleyip daha sonra Bluetooth üzerinden yaralıya ait T2 dakika boyunca uygulan turnike işlemi süresini, T3 saniye boyunca gerçekleştirilen turnike gevşetme süresini, yeni hesaplanan konum ve yaralıya ait kan grubu bilgisini CENKER sistemi aracılığıyla karargaha göndermektedir. AATS Bluetooth üzerinden yaşamsal verileri karargaha bildirdikten sonra kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden yaralıya bilgilerin karargaha tekrardan gönderildiğini göstermektedir. Gevşeme süresi boyunca yine kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden geçen süre yaralıya gerçek zamanlı gösterilmektedir. 5 dakikalık süre tamamlandıktan sonra GPS modülünden alınan yeni konum bilgisi, kullanıcıya ait yaşamsal bilgiler, T4 dakika boyunca gevşetilen turnike gevşetme zamanı bilgisi ve yeniden turnike işlemine başvurulacağı bilgisi Bluetooth protokolü ile CENKER sistemine gönderilmektedir. Gönderme işlemi tamamlandıktan sonra sistem kullanıcı bilgilendirme ekranı üzerinden yaralıya karargahın tekrar bilgilendirildiğini göstererek yeniden turnike işlemi uygulanacağı uyarısını yapmaktadır.

Sistem TIMER yazmaçlarını sıfırlayarak algoritma başına gelerek tekrardan turnike işlemini kullanıcıya uygulamaktadır. Sistem bataryası dayandığı sürece dönecek olan algoritma AATS'ye entegre edilen batarya ile en az 5 kez bu işlemi gerçekleştirebilecektir. Gömülü yazılıma ait akış diyagramı EK 3'te verilmiştir. Mevcut geliştirilen sistem ile askere ait kan grubu bilgisi sisteme girilmemektedir. Fakat tezin gelecek çalışması olarak bir panel aracılığıyla girilecek yaşamsal kan grubu bilgisi yaralıya doğru acil müdahale imkanı tanıyacaktır.

4.2 Ana Kontrol Devresi Üretimi

4.2.1 Elektronik teorik altyapı

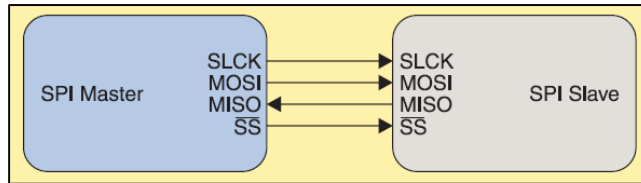
Pull Up – Pull Down: Gömülü elektronik sistem tasarımlarında oldukça sık kullanılan, tasarımın birçok noktasının temelini oluşturan Pull Up – Pull Down yapıları dijital başlangıç seviyeleri olarak düşünülebilir. Gömülü elektronik tasarımlarda kullanılan dijital seviyeler sistemin besleme gerilimini dijital “1”, şaseyi dijital “0” olarak kabul etmektedir. Mikrodenetleyici ve birçok IC lerin giriş çıkış pinleri open drain denilen anahtarlama modunda olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu sebeple bu IC lerin kullanılması sırasında pinlerinin bir direnç ile ya beslemeye ya da şaseye çekilmesi gerekmektedir. Direnç kullanılmasının sebebi pinler kullanılmadığı sürece uA mertebelerinde akım çekilmesinin sağlanmasıdır. Ayrıca eğer direnç ile bağlantı yapılmamış olursa pin aktif edildiğinde besleme ile toprak arasında kısa devre oluşacak ve IC hasar görecektir. Bu işlemin donanımsal olarak yapılmasına verilen ad sırasıyla Pull – Up ve Pull – Down dur. AATS elektronik tasarımının birçok noktasında bu yapılar kullanılmıştır. Şekil 4.1'de Pull – Up ve Pull – Down yapılarının elektronik tasarım şemaları görülmektedir.



Şekil 4.1: Pull-Up ve Pull-Down yapısı(Url-7).

SPI : SPI (Serial Peripheral Interface – Seri Çevresel Arayüz) harici mikrodenetleyici yolu olarak tanımlanmaktadır ve mikrodenetleyici ile çevresel birim arasında 4 adet kablo ile haberleşmeyi sağlamaktadır. Oldukça basit ve anlaşılır bir haberleşme protokolü olan SPI haberleşme bir adet kontrolcü ya da master olarak adlandırılan yapı ve bir ya da birden çok çevresel birim ya da slave olarak adlandırılan yapı ya da yapılar arası 4 adet dijital sinyal yolu ile kurulan haberleşme protokolüdür. Şekil 4.2’de gösterilen SPI haberleşme topolojisini açıklamak gerekirse:

- **SCLK Sinyali:** SCLK dijital haberleşmenin temelini oluşturan saat sinyalidir. SCLK sinyali masterden çıkarak tüm slavelere dağılmakta ve master ile slaveler arasında senkronizasyonu sağlamaktadır.
- **SS_n Sinyali:** SPI haberleşmenin yapılacağı slave’in master tarafından seçilmesini sağlayan slave select sinyalidir.
- **MOSI Sinyali:** Açılımı Master Out – Slave In olan sinyal masterdan slave birimine veri gönderilmesini sağlayan sinyaldir.
- **MISO Sinyali:** Açılımı Master In – Slave Out olan sinyal slave biriminden master a veri gönderilmesini sağlayan sinyaldir.

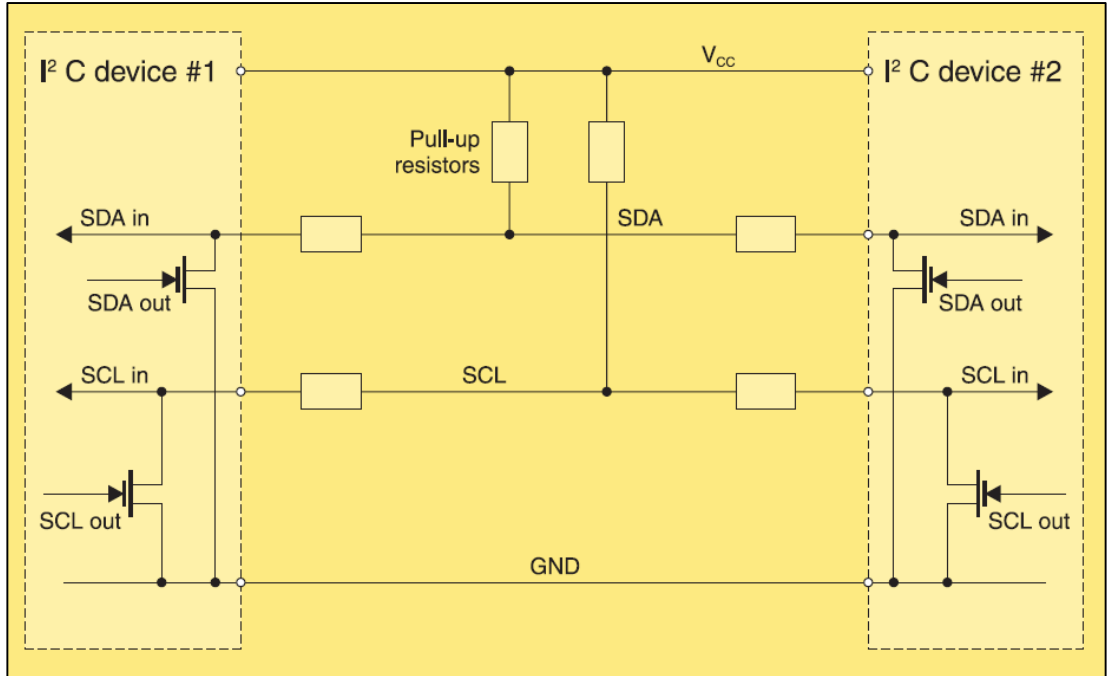


Şekil 4.2: SPI protokolü haberleşme topolojisi(Leens, 2009).

Topolojiden de anlaşılacağı üzere SPI tek merkezli haberleşme protokolüdür. Merkezi birim olan master tüm slaveler ile iletişime geçerek haberleşmeyi sağlamaktadır. SS sinyal hattı donanımsal olarak pull up tadır. Master veri göndermek istediğinde SS sinyalini şaseye çekerek slave i seçmekte ve daha sonra SCLK sinyalini başlatarak haberleşmeye başlamaktadır. SPI haberleşmede MOSI ve MISO olmak üzere master ve slave arası karşılıklı haberleşme olduğu için haberleşme hızı 10Mb/s nin üzerine çıkabilmektedir (Leens, 2009). AATS kullanıcı bilgilendirme ekranı, mikrodenetleyici ile SPI protokolüyle haberleşmektedir.

I²C: I²C (Inter – Integrated Circuit) mikrodnetleyici ve çevresel birimler arasında sadece 2 kablo ile veri aktarımının sağlandığı haberleşme protokolüdür. I²C masterler ve slaveler arasında 3.4 Mb/s hıza ulaşabilen veri yolu hızı ile SPI in biraz gerisinde kalmaktadır. I²C nin iki sinyal hattının olması, haberleşmenin çoklu master protokolü ile gerçekleşmesine olanak sağlaması SPI a göre avantajını ortaya koymaktadır (Leens, 2009).

I²C sinyalleri SDA (Serial Data) ve SCL (Serial Clock) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. SCL hattı birimlerin birbirleri ile haberleşmesi için referans olarak kullanılan saat sinyalinin gönderildiği haberleşme yoludur. SDA ise SCL saat sinyali ile haberleşen gönderici ve alıcı birim arasında verinin aktarıldığı haberleşme yoludur. I²C haberleşmesinde herhangi bir slave seçme hattı olmadığı için birçok master ya da birçok slave in I²C hattına bağlanması ile aralarında haberleşme sağlanabilmektedir. I²C haberleşmesinde 7 bitlik slave adresleri bulunmaktadır. I²C hattındaki her cihazın cihaza özel bir adresi bulunmaktadır. I²C haberleşme hızı 100 kb/s, 400 kb/s ve 3.4 Mb/s olarak seçilebilmektedir. Şekil 4.3'te verilen I²C haberleşme protokolü topolojisi ile I²C birimleri arasındaki haberleşme donanımsal altyapısı gösterilmektedir.



Şekil 4.3: I²C protokolü haberleşme topolojisi(Leens, 2009).

I²C hattının 2 adet haberleşme yolu olan SDA ve SCL uçları cihazların beslemelerine pull up modu ile bağlanmıştır. Cihazlar arası haberleşmenin sağlanabilmesi için donanımsal bir zorunluluk olan bu metod ile cihazlar arası haberleşme; I²C birimlerinin SDA ve SCL kanallarındaki open drain mosfetlerini veri transferi sırasında tetikleyerek hattın şaseye çekilmesi ile veriyi gönderip yakalamaktadır. Veri transferi sırasında gönderici konumundaki master başlangıç koşulunu başlatmaktadır. Böylece I²C hattına bağlı tüm slaveler veri bekleme moduna geçmektedir. Daha sonra master tarafından haberleşmenin sağlanacağı adres gönderilmektedir. Adresin eşleştiği slave bundan sonraki aşamada aktarılacak veriyi beklemekte iken I²C hattına bağlı diğer slaveler, masterin tekrardan başlangıç koşulunu başlatmasını beklemektedir. Master adres verisi ile beraber okuma ya da yazma yapılacağı bilgisi de aktararak slave in ona göre konfigüre olmasını sağlamaktadır (Leens, 2009). AATS elektronik kartı üzerinde bulunan RTC, EEPROM modülleri sistem mikrodenetleyicisi ile I²C protokolünü kullanarak haberleşmektedir.

UART: UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter); bir mikrodenetleyici yapısından çevresel birime verinin seri olarak iletildiği haberleşme protokolüdür. UART protokolü paralel veriyolundan aldığı veriyi outbound dönüşümü ile seri veri bit sistemine dönüştürebildiği gibi, inbound dönüşümü ile seri olarak aldığı veriyi sistem algılayıcısının anlayabileceği formata dönüştürebilmektedir (Poorani ve Kurunijimalar, 2016). UART ile veri alışverişi bir veriyolu üzerinden seri ve çift yönlü olarak yapılmaktadır. Gönderici (TX) birim; veriyi, başlama ve durma bitleri arasında seri olarak arka arkaya bitler şeklinde alıcı (RX) birime ulaştırır. Veriyolu üzerinden saniyede gönderilen bit sayısı baudrate olarak tanımlanır. Eğer gönderici ve alıcı birimlerin baudrate leri aynı frekansa ayarlanırsa haberleşme düzgün bir şekilde sağlanabilir (Bhadra vd., 2013).

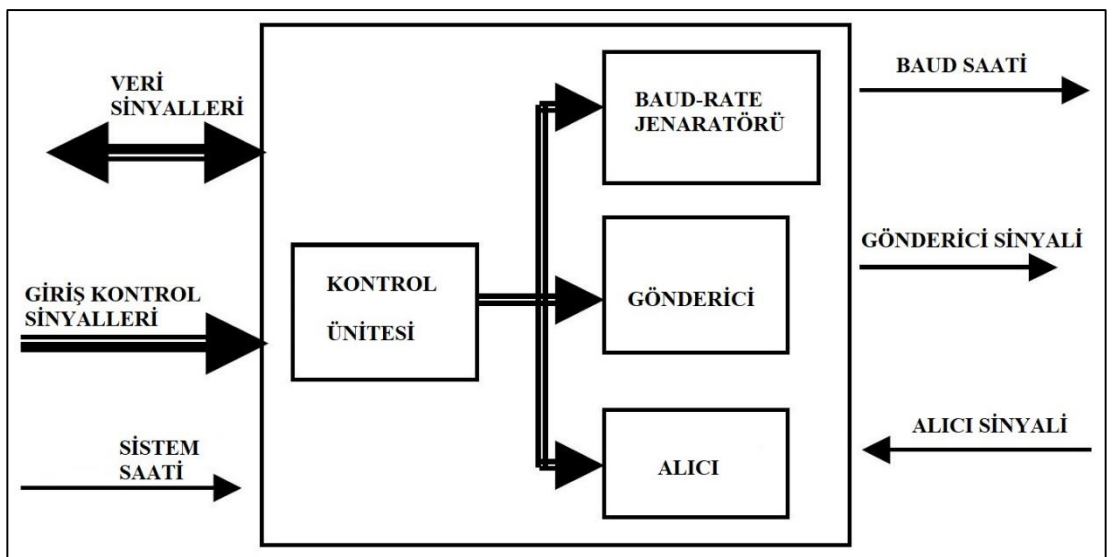
Şekil 4.4'te UART veri formatı verilmiştir. UART haberleşmesi dijital "0" gelmesi ile başlamaktadır. Ardından 5 – 8 bit arasında verinin yer aldığı karakter bölümü gelmektedir. Daha sonra 1 bit isteğe bağlı parite biti eklendikten sonra dijital "1" durdurma biti gönderilerek UART protokolü ile bir karakter gönderilmesi sağlanmaktadır. UART protokolünde başlangıç ve durdurma biti kullanılmasının sebebi veri senkronizasyonun sağlanmasıdır. UART haberleşmesinde veri bitleri

LSB (Least Significant Bit) den MSB (Most Significant Bit) ye doğru kaymaktadır (Mahat, 2012).



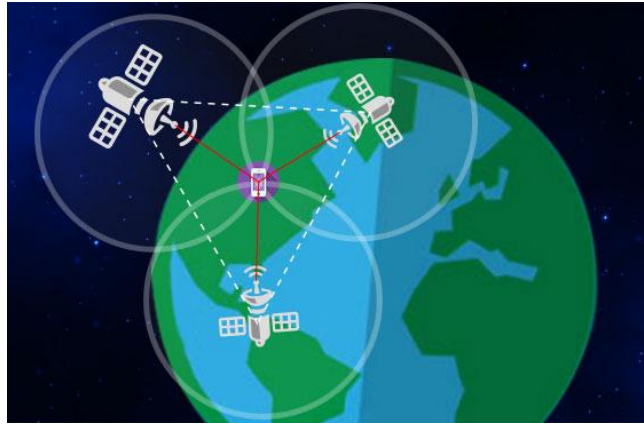
Şekil 4.4: UART veri formatı (Mahat, 2012).

UART protokolünün asenkron olmasının sebebi gönderici ve alıcı birimlerin saat sinyalini paylaşmamış olmalarıdır. Şekil 4.5'te UART blok diyagramı verilmiştir. UART ı oluşturan ana modüller; gönderici – alıcı modülleri, baud-rate oluşturucusu ve kontrol devresidir. UART haberleşmenin yapıldığı mikrodenetleyici yapısı baud saat sinyalini oluşturmaktadır ve bu sinyal baud-rate in 16 katı olmaktadır. UART veri haberleşmesi sırasında baud-rate kurulduğu anda hem gönderici hem alıcı modüller iç saat sinyallerini aynı frekansa çekmektedir. Alıcı her senkronize olduğunda gönderici modülün göndermiş olduğu veri paketini almaktadır. Bağımsız olarak kontrol edilebilen gönderici ve alıcı modüllerin ve programlanabilen baud-rate jeneratorünün olması UART haberleşme protokolünü avantajlı kılmaktadır (Liakot vd., 2004). AATS elektronik kontrol kartı üzerinde bulunan mikrodenetleyici GPS modülü ve Bluetooth modülü ile UART üzerinden haberleşme sağlamaktadır.



Şekil 4.5: UART haberleşme protokolü blok diyagramı.

GPS: 1978 yılında ABD Savunma Bakanlığı tarafından askeri amaçlı başlatılan uydu tabanlı Global Konumlandırma Sistemi (GPS) çalışmaları ticari alanda kullanımın da artmasıyla hızla gelişim göstermiştir. Dünya etrafında 6 farklı yörüngede hareket eden ve Dünya çevresindeki turunu 12 saatte tamamlayan 24 uydu bulunmaktadır. Bu uydular Dünya'nın herhangi bir noktasından en az beş tanesi görülebilecek şekilde konumlandırılmıştır. Dünya üzerinde merkezi ABD'nin Colorado eyaletinde bulunan Schriever Hava Kuvvetleri Üssü olmak üzere 16 yer istasyonu tarafından bu uyduların konumları izlenip düzeltilmektedir. Her uydu sürekli olarak Dünya üzerinde bulunan alıcılara 1-2 GHz frekans bandında (L bandı) radyo sinyalleri gönderir (Bajaj vd., 2002). GPS modülü gibi alıcılar ile uydulardan gönderilen radyo sinyalleri algılanabilir. Alıcılar kendilerine gelen bu radyo sinyallerini kullanarak trilaterasyon yöntemiyle bulunduğu konumu hesaplayabilir. Alıcılar radyo sinyallerinin gelme süresi ve hızını kullanarak uydunun alıcıya olan mesafesini hesaplar. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi en az 3 uyduya olan uzaklığın bilinmesi durumunda alıcının bulunduğu konum tespit edilebilmektedir. Uyduların bulunduğu konumları merkez olarak ve yarıçaplarını da alıcıya olan mesafe olarak kabul eden hayali küreler çizildiğinde bu üç kürenin kesişim noktası alıcının bulunduğu konumu vermektedir (Url-8). AATS'de yaralının bulunduğu konumun belirlenmesi için GPS sistemi kullanılmaktadır.

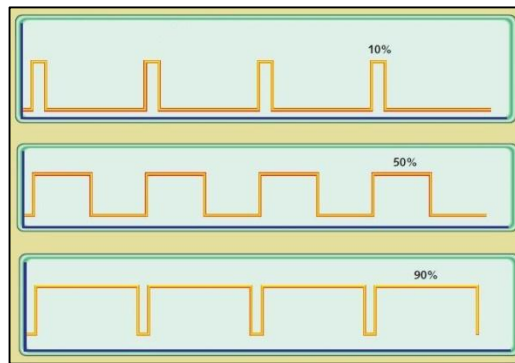


Şekil 4.6: Digi – Trilaterasyon yöntemi (Url-8).

RTC: RTC, üzerinde 32 kHz veya 64 kHz frekansına sahip osilatör bulunduran ve osilatörün yükselen kenarlarını sayarak ne kadar sürenin geçtiğini hesaplayabilen gerçek zamanlı saat modülüdür. Harici bir pil ile beslendiği için sistemde güç kesintisi olması durumunda bile süre doğru şekilde tutulmaya devam eder (Frampton,

1998). Ekstremitenin kangren olmasını engellemek için turnike işleminde sürenin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca turnikenin uygulanmaya başlama zamanının bilinmesi sağlık ekiplerinin yaralıya müdahale konusunda daha doğru karar vermeleri konusunda yardımcı olacaktır. AATS’de yaralının turnikeyi uygulamaya başladığı zamanı ve turnike uygulanırken geçen süreyi elde etmek için RTC modülü kullanılmıştır.

PWM: PWM sinyali İngilizce karşılığı ile Pulse Width Modulation anlamına gelmektedir. Türkçe anlamı ile pulse sinyalinin genişliğinin modüle edilip ayarlanması demektir. PWM, analog devrelerin bir mikrodeneleyicinin dijital çıkışı ile sürülmesinde kullanılan güçlü bir tekniktir. PWM sinyali anahtarlama yapmak için kullanılır. Motor sürücü ya da motor sürmek için kullanılan MOSFET lerin gate girişlerini belirli bir frekansta açıp kapatmak için üretilen PWM sinyali Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Tepe – çukur karakteristiğine sahip olan PWM sinyali elektronik kontrol kartı olan devrelerde mikrodeneleyiciler tarafından üretilmektedir. PWM sinyali mikrodeneleyicilerin dijital çıkışlarından üretilmektedir. Doğal olarak tepe durumunda dijital “1” yani mikrodeneleyici beslemesi, çukur durumunda dijital “0” yani şase olarak üretilen PWM sinyalinin 1 periyodu içerisindeki tepe / çukur oranı sinyalin toplam gücünü değiştirmektedir. PWM sinyali ile %100 besleme gerilimi verilmesi için duty oranı olarak adlandırılan PWM sinyalinin bir periyodundaki tepenin çukura oranı 100/1 olduğu durumda ancak toplam güç olarak mikrodeneleyici besleme gerilimi sürücü girişine uygulanabilmektedir. Bu oranın azaltılması ile PWM sinyalinin toplam gücü azaltılarak sürülen analog devrenin daha az akım çekmesi sağlanmaktadır. Şekilde gösterilen 3 farklı duty oranı mevcut PWM sinyalinin yukarıdan aşağıya doğru toplam gücünün arttığını göstermektedir.



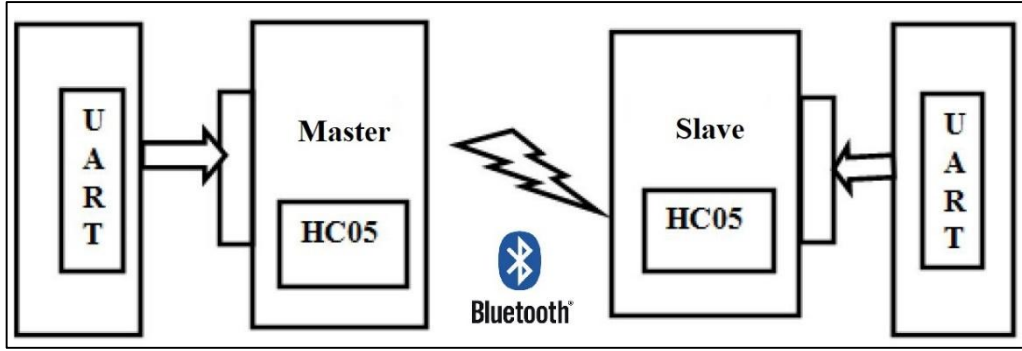
Şekil 4.7: PWM sinyali duty oranları – % 10, %50, %90 (Barr, 2001).

PWM sinyali mikrodenetleyicinin TIMER yazmaçları ile üretilmektedir. Farklı duty oranlarında üretilen PWM sinyali periyodik bir sinyaldir. Periyodik bir sinyalin daima belirli bir frekansı vardır. TIMER yazmaçları mikrodenetleyicinin osilatöründen aldığı elektriksel sinyal frekansı ile saat sinyali ürettiği için mikrodenetleyicinin dijital çıkışını bu frekansta şaseye çekerek pull up olan dijital çıkıştan PWM sinyali üretilmesini sağlamaktadır. AATS elektronik kartı üzerinde bulunan motor sürücü mikrodenetleyiciden çıkan PWM sinyalleri ile sürülerek turnike işlemi uygulanmaktadır.

BLUETOOTH: Bluetooth, sabit ve/veya taşınabilir cihazların birbirleriyle bağlanarak haberleşmesini, veri alışverişinde bulunmasını sağlayan kablosuz iletişim protokolüdür. Bluetooth, frekans spektrumunun 2.4 GHz frekansa sahip ISM (Industrial Scientific Medical) bandında çalışır (Vishakh vd., 2015). Bluetooth'un çalışma mesafesi 100 metreye kadar çıkabilmektedir ve veri transfer hızı 1 Mbps'dir. Bluetooth ile veri alışverişi UART bölümünde anlatıldığı gibi RX-TX alıcı-verici modülleri üzerinden yapılır. Cihazlardan biri master diğeri slave olur ve slave cihazı master cihazı ile eşleştirildiğinde iki cihazın clock'ları eşzamanlı hale gelir. Slave cihazı bu bilgiyi kullanarak master cihazı ile eşzamanlı frekans atlaması yapar ve veriler paketler halinde gönderilir (Kumar vd., 2017). Bluetooth haberleşme protokolü kullanıcıya üç farklı güvenlik desteği sağlamaktadır:

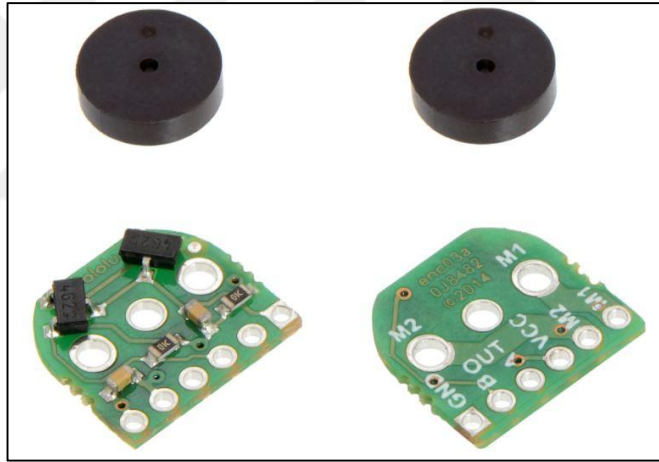
- 1) Kimlik tanıma protokolü ile Bluetooth masterı kimliğini tespit edemediği slave ile veri paylaşımında bulunmamaktadır.
- 2) Bluetooth protokolü paylaşım yapacak cihazlar arasında güvenli veri aktarımı yapmaktadır. Bağlanan iki cihaz arasında veri aktarımı ancak parola eşleşmesi ile gerçekleşmektedir.
- 3) Bluetooth protokolü ile eşleşmiş iki cihaz arasında ancak yetkilendirmiş cihazın diğeri cihaza erişimi sağlanmaktadır.

AATS elektronik kontrol kartı CENKER sistemi ile Bluetooth protokolü üzerinden haberleşmektedir. Şekil 4.8'de Bluetooth haberleşme protokolü blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 4.8: Bluetooth blok diyagramı (Agarwal vd.,2015).

ENCODER: Encoder; motor miline bağlı bir mıknatısın merkezleri eş olan iki adet hall effect sensörün, üzerinde manyetik indüklenme oluşmasıyla belirli bir gerilim çıkışı veren elektronik eleman, motor tur sayısını hesaplamada kullanılan yapıdır. Şekil 4.9’da yeşil renk ile gösterilen encoder yapısı AATS’nin motor tur sayısının hesaplanmasında kullanılmıştır.



Şekil 4.9: AATS motor encoderi (Url-9).

4.2.2 CENKER sistemi

CENKER sistemi Türk Silahlı Kuvvetleri Güçlendirme Vakfı’na bağlı olan ASELSAN AŞ. şirketinin yürütmekte olduğu “Takım ve Tek – Er Komuta Kontrol Sistemi” büyük bütçeli bir projedir. CENKER sistemi Er, Gözetleyici Er ve Komutan olmak üzere sahada sıcak çatışma bölgesinde görev yapan birimin kullanması için tasarlanmış olan yüksek teknoloji ürünleri ile donatılmış olan akıllı bir zırh sistemidir. Giyilebilir bir bilgisayarın kontrol ettiği sistem;

- ✓ Sağlık ve hareket sensörü,
- ✓ IR ve gündüz kamerası,
- ✓ Takım içi haberleşme protokolü,
- ✓ Kulaklık seti,
- ✓ Üst çevrim haberleşme cihazı,
- ✓ Haberleşme kontrol birimi,
- ✓ Yelek ve e-tekstil,
- ✓ Meteorolojik algılama,
- ✓ Atış tespit sistemi,
- ✓ GNSS alıcı ve kapalı ortam konumlandırma,
- ✓ Artırılmış gerçeklik,
- ✓ Kişi üzeri haberleşme,
- ✓ Sistem güç yönetimi,
- ✓ Lazer mesafe ölçer,
- ✓ Multikopter kontrol ve görüntü aktarım uygulaması,

alt cihaz ve sistemlerine sahiptir.

Takım içi haberleşme protokolü Komutan – Gözetleyici Er – Er arasında kurulmuş özel askeri bir standart ile yönetilmektedir. Komutanın diğer erlerden farklı olarak üst çevrim haberleşme telsizi bulunarak özel askeri bir standart ile karargah haberleşmesi mümkündür. Bu şekilde herhangi bir erden alınan bilgi komutan üzerinden karargah yada istenilen bir merkeze gönderilebilmektedir. AATS; TÜBİTAK, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, ASELSAN ortaklığı ile yürütülmekte olan 24/03/2015 tarihinde bu üç kurumun yetkilileri tarafından imzalanan 0932.STZ.2015 kodlu Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi (HAYAT) adlı TÜBİTAK - SANTEZ (Sanayi Tezleri Programı) projesinin harp alanında kullanılmak üzere tasarlanan proje çıktısıdır. Proje ASELSAN işbirliği ile gerçekleştirildiği için harp alanında kullanılacak olan AATS, ASELSAN CENKER projesinin bir alt sistemi olacaktır. Bu sebeple AATS bir üst bölümde anlatılan algoritmaya göre toplamış olduğu bilgileri er üzerindeki çevre birimlerinin giyilebilir

bilgisayar ile haberleşirken kullandığı Bluetooth haberleşme protokolü ile giyilebilir bilgisayara aktaracaktır. CENKER, üzerindeki giyilebilir bilgisayar aracılığıyla AATS'den aldığı bilgileri takım içi haberleşme protokolü ile komutana, komutan üzerinde bulunan giyilebilir bilgisayar ise aldığı bilgileri karargaha aktaracaktır. Bu şekilde turnikeyi uygulayan yaralıya ait bilgiler bir merkeze aktarılmış olacaktır. Tez kapsamında geliştirilen AATS, CENKER projesi henüz tamamlanmadığı için kendi GPS modülü ile konumu bulmaktadır ve Bluetooth ile bir alıcıya turnike uygulanma konumu, turnike uygulama zamanı ve turnikenin uyguladığı kuvvet bilgilerini göndermektedir. CENKER sisteminin detaylı açıklaması EK 4'te verilmiştir.

4.2.3 Sistem gereksinimi

AATS hem alt hem üst ekstremitelerde yaralanmalarında kullanılacak kan akışını durdurmaya yarayan akıllı bir turnike sistemidir. AATS üzerinde kullanıcı ile sistemin iletişimini kurması için üç adet düğme bulunmaktadır. Bu düğmeler sırasıyla sistemin açılıp kapanmasını kontrol eden “açma / kapatma düğmesi”, üst ekstremitelere turnike uygulanması durumunda sistemin üst ekstremitelere için gerekli kuvveti uygulamasını sağlayan sistem fonksiyonunu çalıştırması için elektronik karta bilgi gönderen “kol düğmesi” ve alt ekstremitelere turnike uygulanması durumunda sistemin alt ekstremitelere için gerekli kuvveti uygulamasını sağlayan sistem fonksiyonunu çalıştırması için elektronik karta bilgi gönderen “bacak düğmesi” dir. Bir önceki sistem algoritması bölümünde de anlatıldığı üzere sistem; açma / kapatma düğmesine basılarak sistemin kontrolcüsünün besleme pinlerine mikrodenetleyici çalışma gerilimi olan 3.3V un gitmesini sağlamaktadır. Mikrodenetleyici açıldıktan sonra çevresel elemanların çalışmaya başlaması için gereken ayar fonksiyonları çalışmaktadır. Çevresel elemanlar başlangıç ayarlarını yaptığında ilk olarak SPI haberleşme protokolü kullanan kullanıcı bilgilendirme ekranını çalıştırmaktadır. Kullanıcı bilgilendirme ekranı turnikenin uygulandığı ekstremitelere göre gerekli düğmeye basılması için kullanıcıyı uyarmaktadır. Kullanıcı turnike kemerini turnike ana gövdesindeki kilit mekanizmasına kilitledikten sonra turnikeyi uyguladığı ekstremitelere göre seçimini yaparak mikrodenetleyicinin o ekstremitelere için gerekli fonksiyonu çalıştırmasını beklemektedir. Mikrodenetleyici kol ya da bacak düğmesinden gelen kullanıcı sinyaline göre turnikenin uygulandığı ekstremitelere için gerekli fonksiyonu çağırılmaktadır. Mikrodenetleyicinin başlangıç ayarları sırasında

UART haberleşme protokolü ile haberleştiği GPS modülü turnikenin uygulandığı konumu uydudan çekerek kişinin konumunu belirlemektedir. GPS ten alınan saat bilgisi I²C haberleşme protokolü ile haberleşilen EEPROM a kayıt edilmektedir. Bu şekilde istenildiğinde kullanıcının hangi saatte turnike uyguladığı bilgisine daima ulaşılabilecektir. Mikrodenetleyici başlangıç ayarlarını yaptıktan sonra otomatik olarak çalışmaya başlamaktadır ve ilk olarak motoru sürmektedir. Bunun için mikrodenetleyici motor pinlerinden PWM sinyali üretmekte ve motor sürücü entegresine komut göndermektedir. Turnike işlemi uygulanırken sistemin çalışması kuvvet sensörü ve motor encoderi ile kontrol edilmekte, algoritma bu çevresel elemanlardan aldığı geribildirim göre motorun durmasını sağlamakta ve sonsuz dişli mekanizması ile kemerin frenlenmesi sağlanmaktadır. Turnike işlemi uygulandıktan sonra turnikenin ekstremiteye uyguladığı kuvvet, turnike uygulama süresi, turnikenin uygulandığı konum bilgileri Bluetooth haberleşme protokolü ile AATS'nin dahil olduğu CENKER sisteminin asker üzerinde bulunan giyilebilir bilgisayarına, oradan da takım içi haberleşme protokolü ile komutana gönderilmektedir. Komutan üst çevrim haberleşme telsizi ile turnike uygulama bilgisini karagaha gönderecektir. Turnike uygulanma zamanı mikrodenetleyicinin I²C haberleşme protokolü ile haberleştiği RTC modülü ile hesaplanmaktadır. AATS'nin tüm bu işlevleri yerine getirebilen elektronik bir kontrol kartı vardır. Tezin dördüncü bölümü boyunca elektronik kontrol kartının tasarımının her aşaması anlatılacaktır.

Elektronik bir kontrol kartı tasarlanırken ilk yapılması gereken sistem gereksinimlerini belirlemektir. Bu doğrultuda yukarıda anlatılan tüm işlevlerin yerine getirilebilmesi için AATS'nin aşağıdaki isterlere sahip olması gerekmektedir.

- Kullanıcı düğmeleri,
- Sistemin çalışması için yeterli bataryanın seçilmesi ve batarya şarj devresi tasarımının yapılması,
- Sisteme istenilen gücü verecek güç regülasyon devresi tasarımının yapılması,
- Sistemin tüm çevresel birimler ile haberleşmesini gerçekleştirecek, sistemi kontrol edecek ve sistem algoritmasını çalıştıracak mikrodenetleyici,
- Kullanıcı ekranı ve ekranın kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,

- GPS modülü ve GPS modülünün kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,
- EEPROM ve EEPROM un kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,
- Motor sürücü devresi tasarımının yapılması,
- Kuvvet sensörü ve kuvvet sensörünün kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,
- Motor encoderi ve encoderin kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,
- Bluetooth modülü ve Bluetooth modülünün kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması,
- RTC modülü ve RTC modülünün kullandığı haberleşme protokolüne uygun devre tasarımının yapılması.

4.2.4 Elektronik tasarım basamakları

Tez çalışmalarının gerçekleştirilmesine maddi açıdan destek sağlayan “Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi” TÜBİTAK projesi kabul edilen bütçesi ile ALTIUM programı alınmıştır. ALTIUM programı uluslararası pazarda elektronik tasarım için kullanılan profesyonel bir yazılımdır. AATS elektronik kontrol kartı tasarımı yapılırken belirli ilkeler ve sıralamaya uyulmuştur. Bunlar sırasıyla;

- Uygun malzeme seçimi,
- PCB tasarımında kullanılacak malzemelerin footprintlerinin, katmanlı baskı devre tasarımında malzemenin montajlanacağı iletken katmanı ölçülerinin, malzemeye ait en üst katmanda görünmesi istenen konum ölçülerinin ayarlandığı ve malzemeye ait 3 boyutlu modelin tasarlanabildiği çok özellikli PCB (Print Circuit Board) aracı, çizilmesi,
- PCB tasarımında kullanılacak malzemelerin şematik gösterimleri çizilerek, malzemelere ait footprintler ile eşleştirilmesi ve elektronik tasarımı yapılacak kart için özel kütüphane oluşturulması,

- Oluşturulmuş kütüphane kullanılarak elektronik kontrol kartına ait şematik tasarımın yapılması,
- Yapılan şematik tasarımın PCB ye aktarılması ve PCB tasarımının yapılması,
- Yapılan PCB tasarımının dizayn kurallarına uygunluk (DKU) testinin yapılması,
- DKU testinden geçen PCB nin gerber, drill ve ürün ağacı listesi (ÜAL) dosyalarının oluşturulması,
- Gerber ve drill dosyalarına göre PCB nin ürettirilmesi,
- ÜAL dosyasına göre PCB de kullanılacak malzemelerin temini ve PCB nin bu malzemeler ile dizilmesi,
- Malzeme dizilmiş PCB de kısa devre kontrolünün yapılması,
- PCB ye elektrik verilmesi ve voltmetre ile güç dağıtım kontrolünün yapılması,
- Tüm kontrollerden geçen PCB ye gömülü yazılımın yüklenmesi ve çevre birimlerinin mikrodenetleyici ile çalışmasının optimizasyonunun yapılması.

Elektronik kontrol kartı tasarlanırken öncelikli olarak tüm malzemelere ait footprint kütüphanesi oluşturulmaktadır. Footprint, bir malzemeye ait uluslararası dağıtıcı kodu ve bu kodla veritabanından çekilen malzemeye ait tüm özelliklerin yer aldığı malzeme kimliği, malzemenin pin isim ve numaralarının yer aldığı şematik tasarımı, malzemenin PCB de kapladığı alanın ölçülerinin PCB nin katmanlarına göre çizildiği katman bilgileri ve malzemeye ait üç boyutlu tasarımın yer aldığı PCB tasarımı verilerinden oluşmaktadır. Bu sebeple malzemeye ait footprint hazırlanırken öncelikle kullanılacak malzeme dağıtıcı sitesinden bulunur. Daha sonra bulunan malzemeye ait dağıtıcı numarası ile ALTIUM programında arama yapılarak bulunan malzeme şematik kütüphanesine kaydedilir. Şematik kütüphanesinde şematik gösterimi ve pin isim ve numaraları çizilen malzemenin daha sonra PCB kütüphanesinde, malzemenin delikli ya da yüzey montaj olmasına göre farklı katmanlarda ölçülü çizimi gerçekleştirilir. Daha sonra dağıtıcının sitesinden ya da

başka hazır üç boyutlu malzeme veritabanlarından elde edilmiş üç boyutlu tasarım dosyası 3 boyutlu uzayda PCB footprinti ile eşleştirilir. Eğer malzemeye ait üç boyutlu hazır tasarım bulunamıyor ise ALTIUM programının kendi araçları ile bu tasarımın ölçülü ve toleranslı bir şekilde gerçekleştirilmesi mümkündür. Bu şekilde elektronik kart tasarımında kullanılacak PCB kütüphanesi tamamlanmış olmaktadır. Bundan sonraki aşamada elektronik kontrol kartı şematik tasarımı yapılmaktadır. Elektronik ilkelere uyularak yapılacak tasarım sonucunda şematik tasarımı tamamlanan elektronik kontrol kartının PCB tasarımı yapılmaktadır. Devrenin karmaşıklığına göre PCB katman seviyesi ve malzeme kalitesi belirlenmektedir. PCB tasarım son ürün öncesindeki son basamak olduğu için ürettirilecek ürünün kalitesi PCB tasarımı ile doğru orantılı olacaktır. PCB tasarımı tamamlandıktan sonra PCB DKU testi yapılarak dizayn hata ve ihlallerinin giderilmesi gerekmektedir. DKU testi PCB de kullanılan malzemelerin diğer malzemelere yakınlık oranlarının PCB katman seviyesine göre üreticinin üretebileceği standartlar içinde kalıp kalmadığının yazılım tarafından kontrol edilmesidir. ALTIUM programının sunmuş olduğu bu özellik sayesinde kullanıcı hataları %1 in altına inmektedir. PCB DKU testinden geçen tasarımın baskı devre üreticilerinin kartı üretmesi için gerber ve drill dosyalarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Otomatik oluşturulan gerber ve drill dosyası PCB üreticisine gönderilmektedir. Gerber dosyası PCB nin katman seviyesine göre malzemelerin o katmandaki footprintinin kart üzerindeki koordinat düzleminde malzemenin tam olarak konulduğu konumda ölçüleri ile birlikte gösterildiği üretim dosyasıdır. Drill dosyası ise PCB üzerindeki yüzey montajlı olmayan ve kullanılan malzemelerin PCB yi delip geçtiği noktaların koordinat düzlemindeki yerlerinin gösterildiği ve üreticiye kartın hangi koordinatlarının delinmesi gerektiğini gösteren ikinci üretim dosyasıdır. PCB de kullanılan malzemelerin içerik ve dağıtıcı kodunun yer aldığı ÜAL dosyası malzeme tedarikçisine gönderilerek kart üretimi aşamasına geçilmektedir. Gelen malzemelerin ürettirilen PCB üzerine dizildikten sonra kart üzerinde büyüteç ya da mikroskop altında tüm pinlerin doğru lehimlenip lehimlenmediğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Pinler arası mesafenin 0.5 mm ye kadar düşebildiği mikrodenetleyicilerde pinler arasında fazla lehim kısa devre oluşturabilmektedir. Özellikle tüm entegrelerin çevrelerindeki elemanlar ile doğru bağlantılarda olduğu kontrol edilmelidir. Aksi takdirde sisteme elektrik verildiğinde entegreler, pinlerinde oluşan kısa devreden dolayı yanıp bozulabilmektedir.

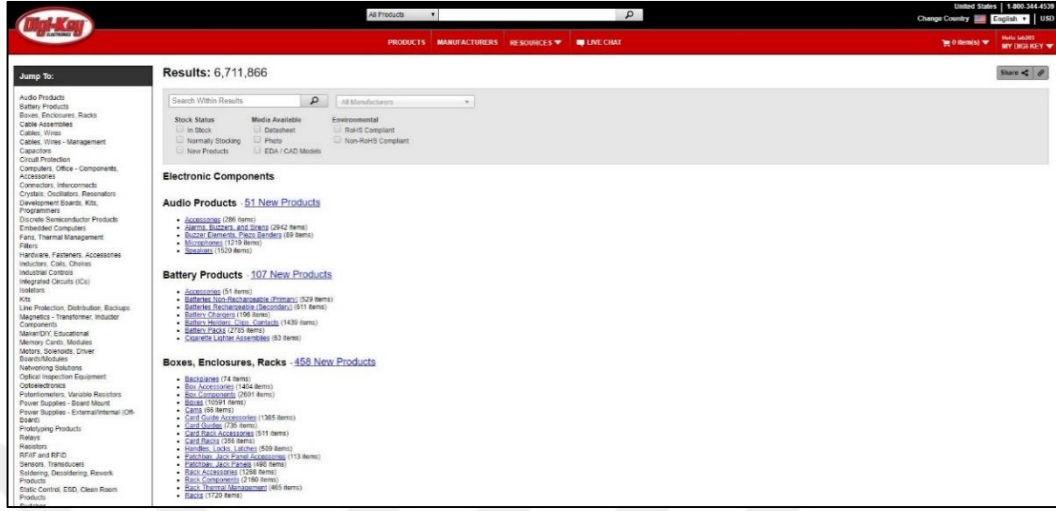
Kısa devre kontrolü bittikten sonra sisteme elektrik verilip tüm güç dağıtım hattı kontrol edilmelidir. Özellikle mikrodenetleyici ile tasarlanan devrelerde mikrodenetleyicinin tüm besleme pinlerinde istenilen gerilimin olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu aşamadan sonra geliştirilen gömülü yazılım; seri kablo debug ya da JTAG debug protokolleri ile sisteme yüklenmelidir. Yükleme başarılı gerçekleştiği takdirde istenilen program çevresel birimler ile doğru haberleşip haberleşmediği ya da kartın motor sürmek, led yakmak gibi başka somut çıktıları yapıp yapamadığı kontrol edilip optimize edilmelidir. Bu aşamadan sonra gömülü yazılım geliştirilerek yapılan her değişiklikten sonra tekrar sisteme yükleme gerçekleştirilebilmektedir.

4.2.5 Malzeme seçimi

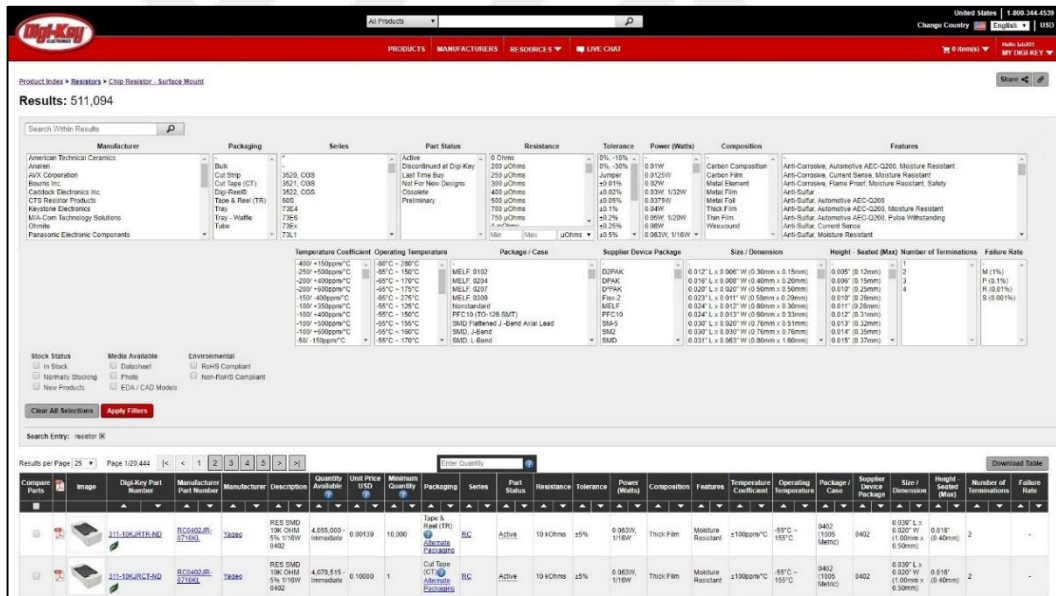
Elektronik tasarım aşamalarının ikincisi olan doğru malzeme seçimi, yapılan elektronik tasarımın altyapısını oluşturmaktadır. Malzeme seçilirken seçilen her malzemenin yapısına göre belirli özelliklere bakılması gerekmektedir. Elektronik malzemelerin temini için uluslararası dağıtıcı firmaların resmi internet siteleri kullanılmaktadır. Bu siteler firmaların elindeki elektronik malzemelerin tüm özelliklerini veren ve aynı zamanda firmaların sahip olduğu; mevcut malzemelerin stok durumu ve temin süresine kadar detaylı malzeme bilgilerine ulaşılabilir. Bu dağıtıcılardan en büyükleri sırasıyla; Digi-Key, Mouser, Farnell, Arrow olarak sıralanmaktadır. AATS elektronik kontrol kartı tasarlanırken dağıtıcı olarak Digi-Key seçilmiştir. Digi – Key resmi sitesinin veritabanlarına kayıtlı olan ürün çeşidi 6.7 milyonun üzerindedir. Şekil 4.10'da gösterilen dağıtıcının anasayfası üzerinden istenilen elektronik malzemeler başlıkları ile arama yapılmaktadır.

Dağıtıcı internet sitesi üzerinden alınacak tüm malzemelerin kendine özgü özelliklerine göre filtreleme yapılabilir. AATS elektronik kontrol kartında kullanılan tüm elektronik elemanlar bu ilke ile seçilmiştir. Örnek olarak Şekil 4.11'de dağıtıcının internet sitesi üzerinden yüzey montaj tipi direnç seçilmesi için gelen özellikler gösterilmektedir. Seçilen herbir özelliğe göre malzemeler özelleşmekte ve seçim kümesi azalmaktadır. Tam olarak aranan özellikler seçildiği anda sadece 1 malzeme kalan sitede filtreleme yöntemi ile elektronik tasarımda amaca en uygun olan malzeme seçilmiş olmaktadır. Direnç, kapasitör, bobin gibi pasif elemanlar seçilirken kullanılan bu yöntem özel amaçlı entegreleri seçerken yetersiz kalmaktadır.

Çünkü elektronik entegrelerin veribelgelerinde dağıtıcı veritabanlarından daima daha fazla bilgi; entegre ısınma sıcaklık aralıkları, entegre test grafikleri, montajlama bilgileri yer almaktadır.



Şekil 4.10: Digi – Key dağıtıcı anasayfası.

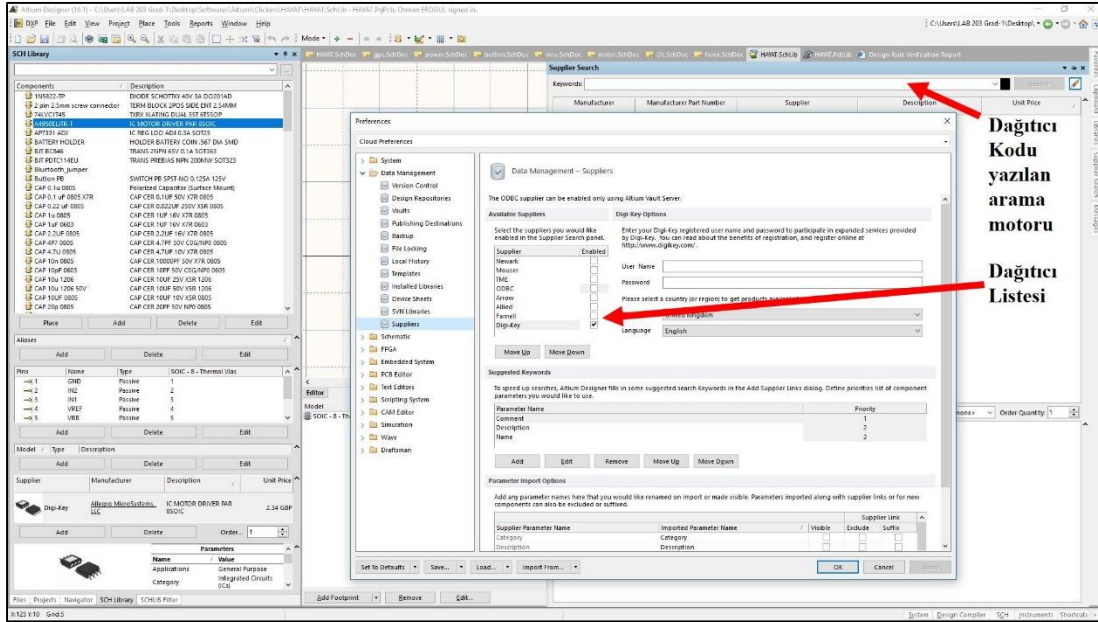


Şekil 4.11: Digi – Key yüzey montaj direnç elemanı arama motoru.

4.2.6 Elektronik şematik tasarım

AATS elektronik kontrol kartı elektronik tasarım basamaklarında anlatılan ilkeler doğrultusunda tasarlanmıştır. Uygun malzemeler bir önceki bölümde anlatılan kurallar ile seçildikten sonra footprintlerinin şematik ve PCB kütüphanesinde tasarlanıp kütüphanelere kayıt edilmeleri gerekmektedir.

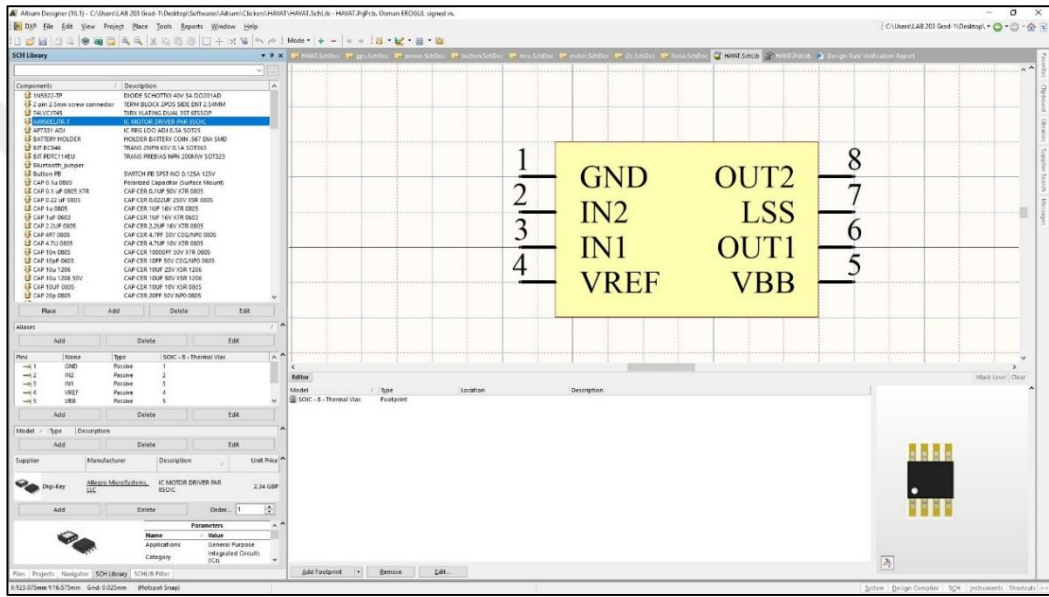
Bu doğrultuda ilk olarak dağıtıcı sitesinde bulunan malzemenin dağıtıcı kodu kopyalanarak AATS kontrol kartının Şekil 4.12’de gösterilen şematik kütüphanesindeki arama motorunda bulunması gerekmektedir.



Şekil 4.12: Şematik kütüphanesine dağıtıcı kodu ile malzeme ekleme.

Şematik kütüphanesine kaydedilen bir elektronik malzeme dağıtıcı veritabanından, veritabanında bulunan tüm özelliklerini çekerek kendine kütüphane içerisinde bir kimlik oluşturur. Bu kimlik elektronik tasarımcı tarafından düzenlenebilir formattadır. Şematik kütüphanesine eklenen elektronik malzemenin elektronik şematik dosyalarında elektronik tasarım aracı olarak kullanılabilmesi için şemasının çizilmesi ve pin bağlantılarının numara ve isimleri konfigüre edilmelidir. Bu hem elektronik tasarımın anlaşılır ve kolay olmasını sağlarken hem de PCB footprintindeki pinler ile şematik pinlerin korelasyonunu sağlamaktadır. Şekil 4.13’te dağıtıcının kodu ile şematik kütüphanesine eklenmiş olan AATS motor sürücüsü entegresinin elektronik şeması görülmektedir. 8 pinli olan motor sürücüsü entegresinin pin isimleri tasarımcı tarafından oluşturulmuştur. Gene tasarımcı tarafından numaralandırılmış olan pinler aynı malzemenin PCB kütüphanesinde footprinti çizildikten sonra hangi pinin nereye lehimleneceğinin ayarlandığı katman tasarlanırken aynı numaralar verilerek elektronik tasarımda yapılan bağlantıların PCB üzerinde gerçekleşmesi sağlanacaktır. Elektronik malzemeye ait yapılan düzenlemeler sadece pin isim ve numaraları değil bunun haricinde malzemenin PCB’de ayırt edilebilmesi için bir harf kodu ve o harf koduna ait bir sıra numarasının

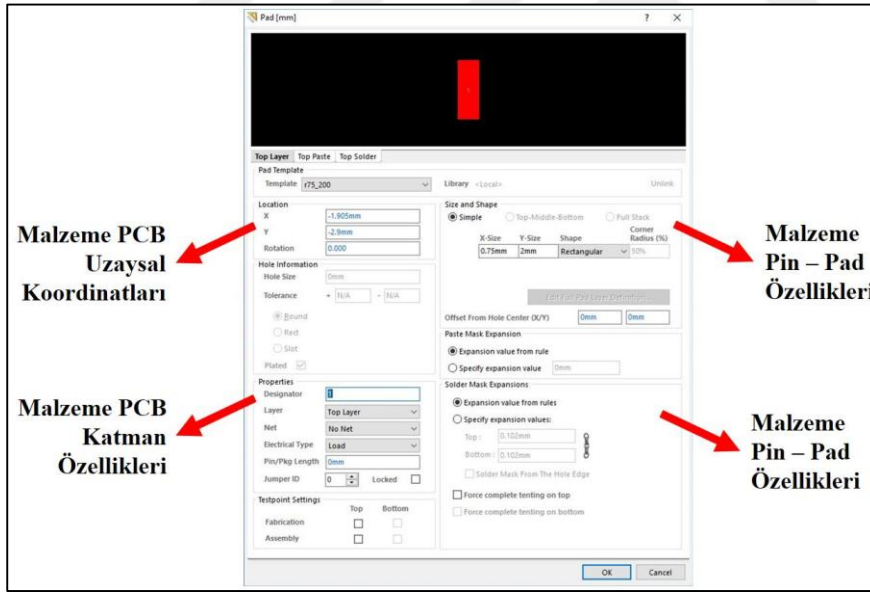
bulunması gerektiğinden PCB göstericisi olarak adlandırılan bölüme motor sürücü entegresi için “U?” ifadesi yazılmıştır. Motor sürücü entegresi bir IC (Integrated - Circuit) entegre olarak üretilmektedir ve PCB tasarımı için kullanılan uluslararası isimlendirme standardına göre U gösterici harfi ile tanımlanmaktadır. AATS elektronik kontrol kartında kullanılan diğer elektronik malzemelere ait gösterici harf listesi EK 5’te verilmiştir. IC lere ait gösterici harf kodu konduktan sonra koyulan “?” simgesi tüm malzemelerin gösterici harflerinden sonra koyulmalıdır. Bu şekilde elektronik tasarım bittiğinde program tasarımcı tarafından belirlenen bir kural ile tüm gösterici harfinden sonra “?” gelen malzemelere bir sıra numarası atamaktadır.



Şekil 4.13: Elektronik malzemeye ait şema.

Şema çizimi tamamlanan elektronik malzemenin bu aşamadan sonra PCB kütüphanesine kayıt edilmek üzere footprintinin tasarlanması gerekmektedir. Elektronik malzemeler yüzey montajı yapılabilen, yüzeyi delebilen ya da bir panele montajlanan tipte üretilmektedir. Malzemeye ait PCB footprinti hazırlanırken ilk dikkat edilen özellik, malzemenin üretilecek olan PCB nin üzerine mi lehimleneceği yoksa PCB nin üzerinde belirlenen bir noktada PCB yüzeyleri arası geçiş mi yapacağıdır. Malzeme kimliğinden ulaşılan veribelgesindeki montaj kuralları dikkate alınarak hazırlanan PCB footprint tasarımının temelini pinlerin pad şekli, konumu ve tipi belirlemektedir. Şekil 4.14’te gösterilen malzemenin ayaklarının uzaysal koordinatları değiştirilerek malzemenin bacakları arasındaki boşluk, malzemenin bacaklarının malzeme gövdesine göre yakınlığı ayarlanabilmektedir. Konumu

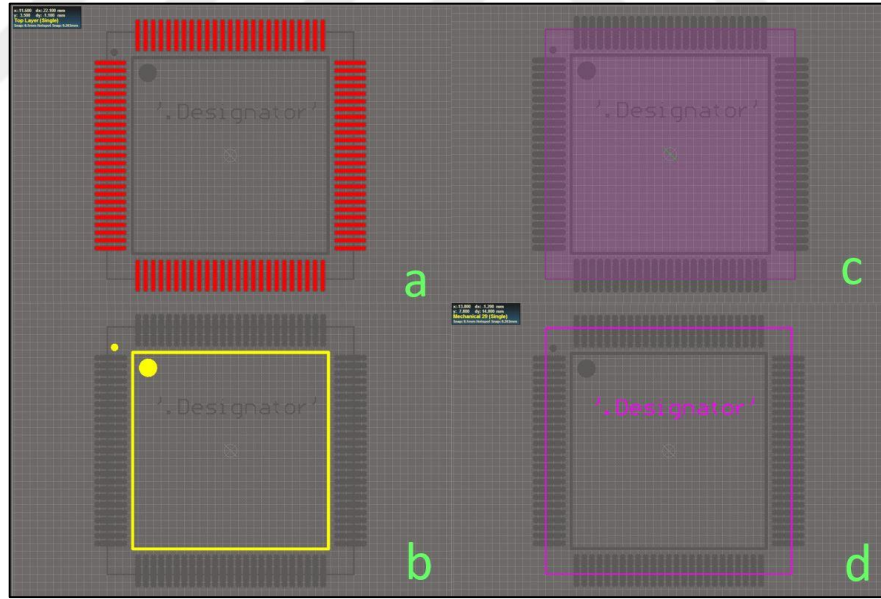
belirlenen malzeme bacağına tipi; yüzey montaj ise bu ayağın lehimleneceği dikdörtgen boyutları, yüzey içinden geçen ise bu ayağın geçeceği deliğin boyutları şekilde gösterilen Malzeme Pin-Pad Özellikleri bölümünden değiştirilir. Aynı şekilde gösterilen Malzeme PCB Katman Özellikleri bölümü ile malzeme tipine göre malzemenin ayaklarının bulunacağı katman belirlenir. Eğer malzeme yüzey montaj tip ise bacakları “Top Layer” katmanında, eğer malzeme yüzey içinden geçen tip ise malzeme bacakları “Multilayer” katmanında yer almalıdır. Aynı bölümde malzemenin o bacağına kaçınıcı pin olduğu da belirtilmektedir. Bu şekilde bir önceki aşamada hazırlanan malzeme elektronik şeması ile malzeme PCB footprinti birleştiriliğinde korelasyon sağlanacaktır. Şekilde gösterilen Malzeme Pin – Pad Özellikleri bölümünden malzemenin bacaklarının lehimlendiği padlerin, pinler arası kalınlıklarının toleransları ayarlanmaktadır. Malzemeye ait tüm ayaklar için bu özellikler tek tek ayarlanmalıdır. Eğer malzeme bacakları lineer bir tekrar içeriyorsa program özellikleri kullanılarak pin numaraları artacak şekilde bu ayaklar otomatik olarak yazılım tarafından oluşturulabilmektedir.



Şekil 4.14: Malzeme pin pad özellikleri değiştirme ekranı.

Elektronik malzemenin bacaklarının lehimleneceği katman eğer malzeme yüzey montaj tip ise “Top Solder” olarak seçilmektedir. Şekil 4.15.a’da top solder katmanına çizilmiş olan mikrodenetleyici bacak padleri görülmektedir. AATS’de kullanılan mikrodenetleyici 100 bacaklı olarak seçilmiştir ve seçilen mikrodenetleyicinin her bacağı arasında 0.5 mm genişlik yer almaktadır. Elektronik

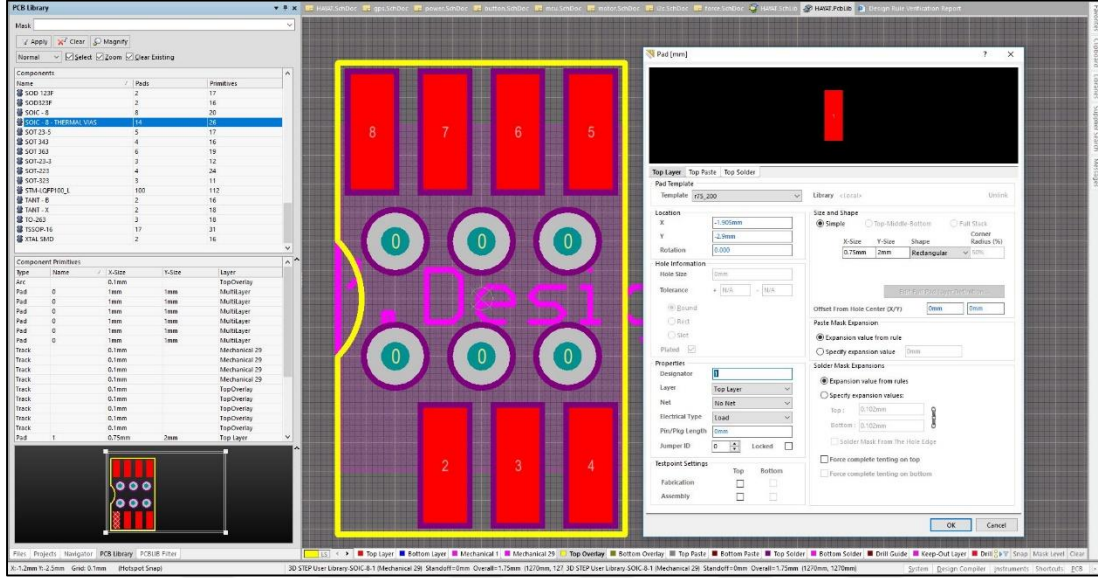
malzemenin PCB footprinti en az 4 katmandan oluşacak şekilde tasarlanmaktadır. Şekil 4.15.a malzeme bacaklarının lehimleneceği “Top Solder” katmanını, Şekil 4.15.b malzemenin PCB üzerinde kullanıcılar tarafından görünecek dış maske katmanını göstermektedir. Bu katman program tarafından “Top Overlay” olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.15.c’de malzemeye ait “Mechanical 1” katmanı gösterilmektedir. Bu katman elektronik malzemeye ait üç boyutlu tasarımın eklendiği katmandır. İki boyutlu görüntüde sadece malzeme padleri ile beraber en dış uçlarının sınırları gösterilmektedir. Şekil 4.15.d’de malzemeye ait “Mechanical 29” katmanı yer almaktadır. Bu katman PCB ye malzeme dizimi aşamasında kullanılan dizgi dosyasının çıktıları oluşturur. Üç boyutlu modelin boyutlarına göre çizilen bu katman ile PCB malzeme dizimi sırasında malzemeleri dizim uzmana çizimlerin kılavuz olması amaçlanmıştır. Aynı katmana koyulan “.Designator” ifadesi tasarımcı tarafından belirli bir kurala göre atanan malzeme göstericisinin PCB dizgi dosyasında da görünmesini sağlamaktadır. Genel olan bu ifade otomatik olarak elektronik şematik dosyalarından malzemeye ait gösterici kodunu bu katmana işlemektedir.



Şekil 4.15: Elektronik malzeme PCB footprint katmanları; (a)top solder, (b)top overlay, (c)mechanical 1, (d)mechanical 29 katmanları.

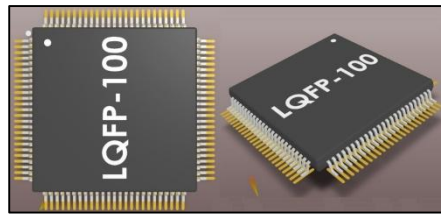
Bu şekilde elektronik malzemeye ait PCB footprint katmanları teker teker tasarlanıp PCB footprinti tamamlandığında Şekil 4.16’da gösterildiği son halini almaktadır.

Tasarımı tamamlanmış PCB footprintleri solda gösterilen menüden PCB tasarım aşamaları boyunca değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.16: Elektronik malzeme PCB footprinti – tüm katmanlar.

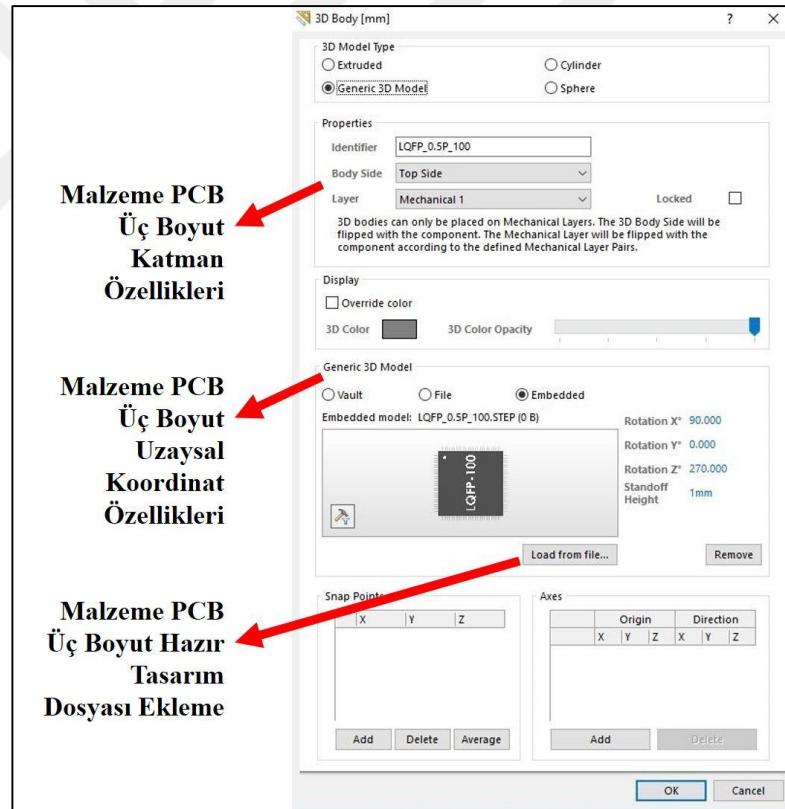
Malzemeye ait PCB footprint katman tasarımları iki boyutta tamamlandıktan sonra üç boyutlu malzeme yerleşimi yapılmalıdır. İki boyutlu katmanlarda “Mechanical 1” katmanında görünen malzeme üç boyutlu tasarımı Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Elektronik malzeme üç boyutlu görüntüsü.

Malzeme üç boyutlu tasarımının çizilen footprintteki malzeme ayak padleri ile eşleştirmek için IC lerin 1 numaralı pin göstericisine göre katmanlar üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Kare şeklindeki IC lerde yuvarlak bir çukur ya da nokta olarak bulunan 1 numaralı pin göstericisi, dikdörtgen IC lerde gene yuvarlak bir çukur/nokta ya da 1 numaralı pin ile IC üzerindeki maksimum ayak numarası arasındaki IC entegresinin kenarına yapılan bir yarım arc şeklinde bulunmaktadır. Malzemeye ait üç boyutlu tasarım dosyaları internet üzerindeki veritabanlarından malzeme paket koduna göre bulunabilmektedir. Bu şekilde veritabanından çekilen hazır tasarım dosyalarının, tasarımcısının kullanmış olduğu tasarım programında

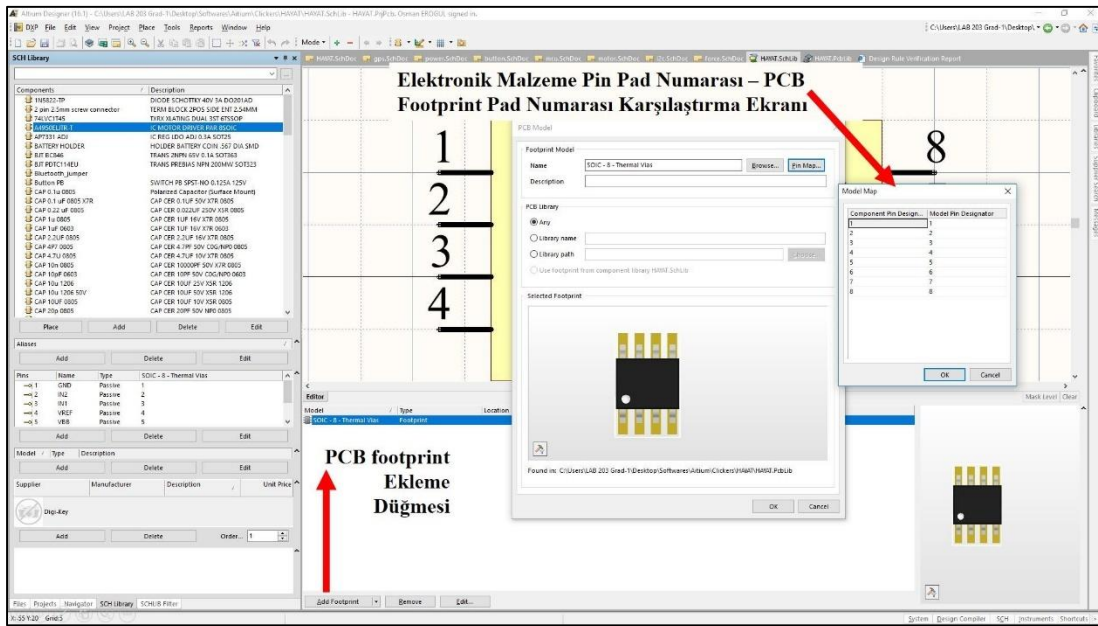
çizime başladığı düzlemler değişebileceği için ALTIUM programına hazır olarak eklenen üç boyutlu tasarım dosyalarının padler üzerine eşleşecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Veritabanından çekilen üç boyutlu hazır tasarım dosyası Şekil 4.18’de gösterilen elektronik malzeme üç boyutlu tasarım düzenleme ekranında Malzeme PCB Üç Boyut Hazır Tasarım Dosyası Ekleme düğmesine tıklanarak eklenmektedir. Aynı şekil üzerinde gösterilen Malzeme PCB Üç Boyut Uzaysal Koordinat Özellikleri menüsünden üç boyutlu hazır tasarım ile padler eşleşecek şekilde üç eksende artış ve azalış mm cinsinden verilerek ayarlanmaktadır. Üç boyutlu tasarım modelinin PCB üzerindeki yüksekliği de aynı menü üzerinden ayrıca düzenlenebilmektedir. Üç boyutlu tasarımların PCB footprintindeki “Mechanical 1” katmanına eklenebilmesi için elektronik malzeme üç boyutlu tasarım düzenleme ekranında gösterilen Malzeme PCB Üç Boyut Katman Özellikleri menüsü kullanılmaktadır.



Şekil 4.18: Elektronik malzeme üç boyutlu tasarım dosyası düzenleme ekranı.

Üç boyutlu tasarımı da eklenen elektronik malzeme, elektronik şematik kütüphanesindeki kimliği ve kimliğinin içerisinde yer alan şeması ile eşleştirilmelidir. Bunun için Şekil 4.19’da gösterilen Şematik Kütüphanesinde yer

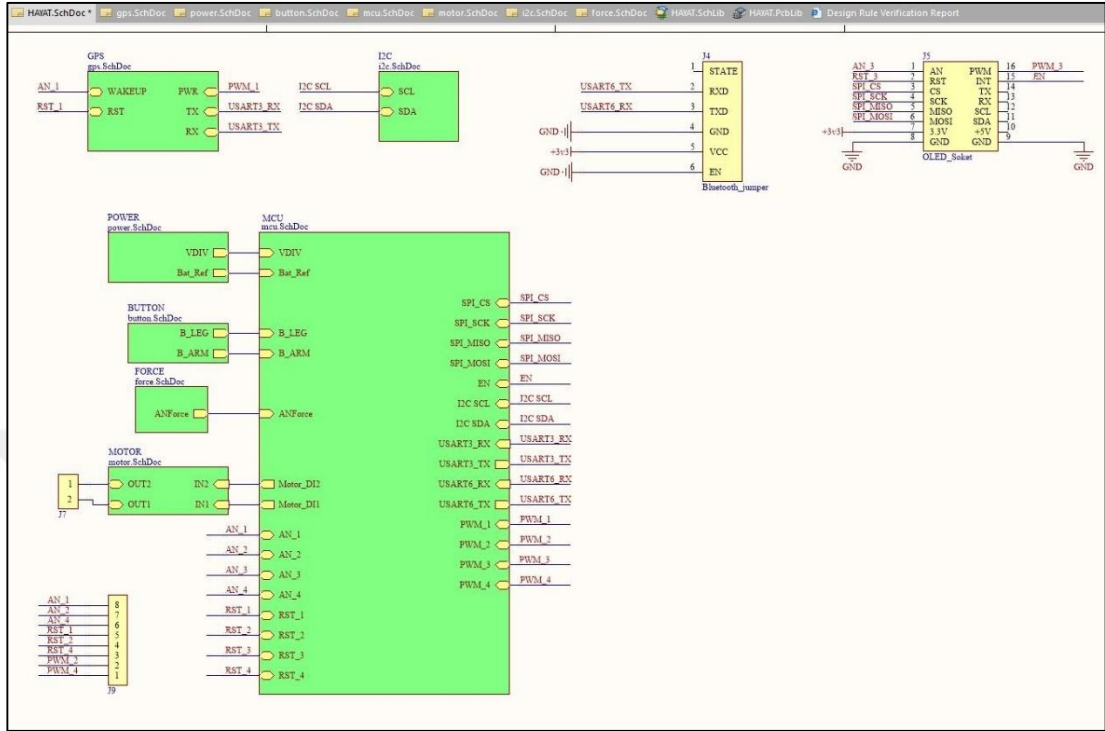
alan PCB footprint ekleme düğmesi aracılığı ile PCB kütüphanesinde yer alan elektronik malzemeye ait PCB footprinti malzeme kimliğine eklenmektedir. Eklenen footprintin pad numaralarının elektronik malzemeye ait şemadaki pin pad numaraları ile doğru olarak eşleştiğinin kontrol edilmesi için PCB footprint ekleme düğmesine basılınca açılan ekrandaki “Pin Map” düğmesine basılınca, yeni açılan “Model Map” ekranı kullanılmaktadır. Elektronik malzemenin PCB footprinti Şematik Kütüphanesindeki malzeme kimliği ile eşleştirildikten sonra elektronik malzeme footprinti tamamlanmaktadır.



Şekil 4.19: Elektronik malzeme Şematik kütüphanesi – PCB footprint kütüphanesi eşleştirilmesi.

AATS elektronik kontrol kartı tasarımı yapılırken yukarıda anlatılan elektronik tasarım basamakları dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda uygun malzeme seçimi yapılarak ALTIUM programında footprint kütüphanesi oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra elektronik tasarımda kullanılacak tüm malzemeler belirlenip footprintleri hazırlandığı için sistemin şematik elektronik tasarımına başlanmıştır. ALTIUM programında şematik tasarımlar tek bir dosyada yapılabildiği gibi alt tasarım dosyalarına bölünerek parça parça da tasarlanabilmektedir. Aynı anda birkaç farklı haberleşme sistemini kullanarak çevre elemanlarını kontrol eden mikrodenetleyicili kontrol kartlarında çevresel elemanların elektronik şemalarını alt şemalar olarak çizmek tasarım kolaylığı sağlamaktadır.

AATS elektronik şema tasarımının ilk adımı tüm alt şematikleri içeren ana şematik dosyası oluşturmaktır. Şekil 4.20’de gösterilen şema AATS elektronik kontrol kartının ana şematik tasarımıdır.

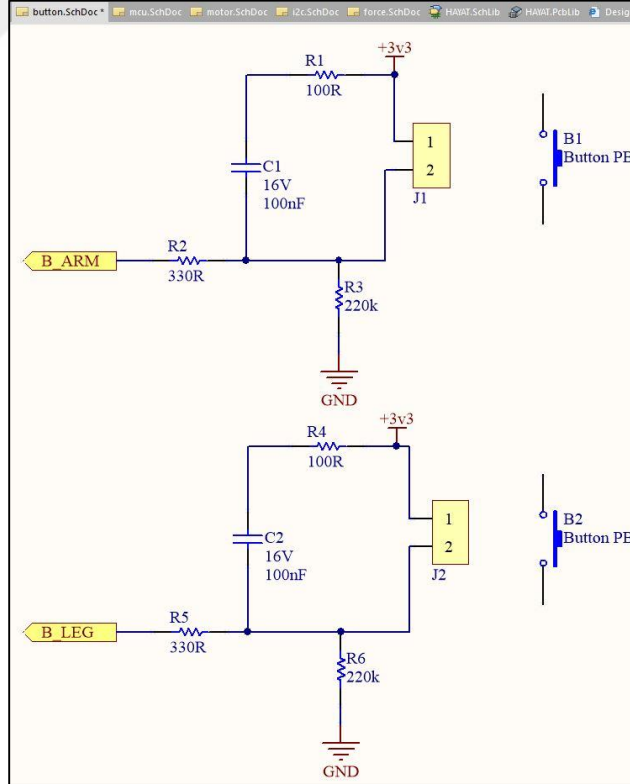


Şekil 4.20: AATS ana elektronik şeması.

AATS ana elektronik şeması bir elektronik tasarım şemasıdır ve içerisinde başka alt sistemler ile bağlantılar, bu alt sistemlerin isimleri ve kendileri arasındaki bağlantılar ve alt sistemler ile ana şematik üzerinde bulunan sistemlerin arasındaki bağlantılar yer almaktadır. Yeşil renk ile gösterilen bloklar içinde şematik elektronik tasarım sayfaları yer almaktadır. Her yeşil renkli blok bir alt sistemi temsil etmektedir. Ana şema tüm tasarım bittikten sonra ürettirecek PCB yi temsil etmektedir. Alt şemalar ana PCB üzerinde bulunan alt sistemlerdir. Tüm bağlantılar tamamlandığında PCB tasarımı da tamamlanmış olacaktır. AATS ana elektronik şemasında yer alan yeşil bloklar haricindeki sarı bloklar ürettirecek PCB üzerinde bulunan jumper adı verilen ve PCB ye blok olarak takılacak olan alt sistemlerdir. Jumperler farklı pin aralıkları üretilen alt sistemlerin birbirleri ile temasını sağlayan kullanıcı tarafından kolayca takılıp çıkarılabilen elektronik malzemelerdir. Geliştirilen PCB nin üzerindeki Bluetooth ve OLED modülü kart dizimi sırasında takılan jumperlara kullanıcı tarafından takılacaktır. Bu sebeple bu modüllerin bağlantıları

kümelendirilerek jumper olarak isimlendirilmiştir. İsimlendirme EK – 4’te verilen standartlara göre yapılmıştır.

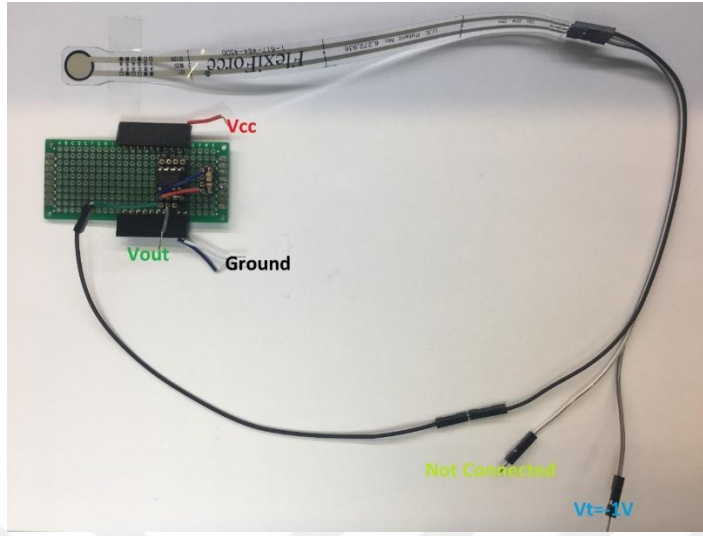
Elektronik tasarım; ana şematik tasarımı ile başlayıp alt sistemlere inilerek tamamlanmıştır. AATS’nin ilk alt sistemi sistem kullanıcı düğmelerinin tasarımıdır. Turnike sistemini uygulayan yaralı cihazı açma – kapatma düğmesi ile çalıştırdıktan sonra ekrana gelen uyarı ile kullanıcıdan turnikenin takıldığı ekstremitenin adının baş harfinin yazdığı düğmeye basması istenmektedir. Kullanıcı turnikeyi kollarından birisine uyguladıysa “K”, bacaklarından birisine uyguladıysa “B” düğmesine basmaktadır. Bu düğmelerden herhangi birisine basıldığı zaman mikrodenetleyici dijital bir değişim algılayarak bu düğmeler için özel tanımlanmış fonksiyonlara girmektedir. Donanımsal olarak pull-down modu ile dijital 0 a çekilen düğme girişleri, düğmeye basıldığında beslemeden akımın akması ile dijital 1 e çıkmaktadır. Bu şekilde ani dijital değişim mikrodenetleyici tarafından algılanmaktadır. Düğme girişlerine takılmış olan kapasitör ile ani gerilim değişimi sonucu oluşacak dalgalanma sönümlenmiştir. Şekil 4.21’de sistem kullanıcı düğmelerinin elektronik tasarım şeması gösterilmektedir.



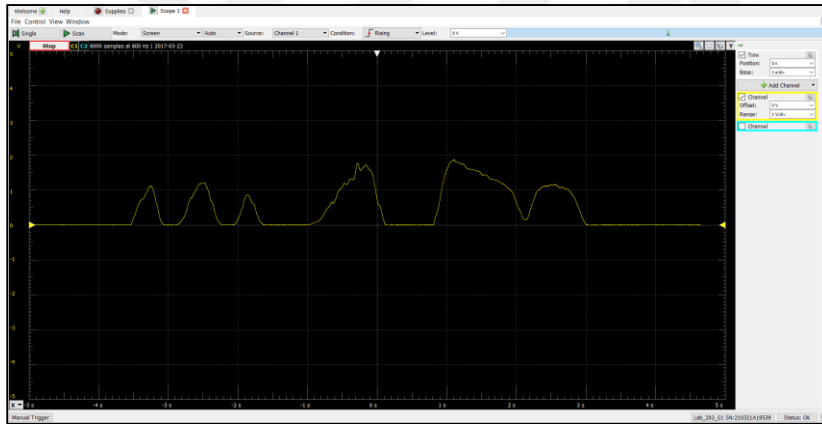
Şekil 4.21: AATS kullanıcı sistem kullanıcı düğmeleri elektronik şeması.

AATS turnike işlemini kuvvet sensöründen gelen geri bildirim ile tamamlamaktadır. Seçilen kuvvet sensörünün veribelgesi EK 6'da verilmiştir. Sensörün veribelgesinde üreticisi tarafından yapılmış olan öneri elektronik tasarım şeması hızlı prototipleme elemanları ile kurularak Resim 4.1'de gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Donanımsal olarak devre kurulduktan sonra sensörün veribelgesinde gösterildiği şekilde uçlarına gerilim uygulanmıştır. Kuvvet sensörü 3 katmanlı bir yapıdan oluşmaktadır. İki farklı çapta iletken plaka arasında özel bir mürekkep bulunmaktadır. Sensörün algılama bölümüne dokunulduğu müddetçe aradaki mürekkep daha büyük çapı olan plaka üzerine mikrometre seviyesinde yayılmakta ve iki plaka arasında iletkenliği artırmaktadır. Bu şekilde sensörün çıkış direnci azalmaktadır. Resimdeki yükseltici devre ile çıkış gerilimi yükseltildiğinde Şekil 4.22'de gösterilen 6 gerilim seviyesi değişimi elde edilmiştir. Farklı kuvvetlerde sensörün algılama yüzeyine bastırılarak elde edilen grafik ile sensörün çalışması doğrulanmıştır. Sensörün çalışırılığı test edildikten sonra elektronik tasarımı ALTIUM programında gerçekleştirilmiştir ve Şekil 4.23'te gösterilen şema tasarlanmıştır. Kuvvet sensörü elektronik devresi sensör uçlarındaki çıkış geriliminin yükseltilmesi ile çalıştırılmaktadır. Elektronik sinyallerin yükseltilmesi için işlemsel yükselteçler kullanılmaktadır. İşlemsel yükselteçlerin belirli özellikleri yapılacak uygulamaya göre seçilmektedir ve bu şekilde istenilen çıkış sinyali için doğru tasarım yapılmaktadır. Kuvvet sensörü veribelgesinde yer alan kuvvet aralıkları için uçlarına uygulanan gerilim seviyesi ile şase arasında değişen çıkış gerilimi sağlamaktadır. Bunun için sensörün maksimum kuvvet seviyesinin anlaşılabilmesi için sensör çıkış sinyalinin sensör besleme gerilimine yaklaşması gerekmektedir. Bunun için çıkış sinyalinde yükseltme yapan aracın sinyalde minimum kayıp yapması gerekmektedir. Bu doğrultuda yükselteç olarak kullanılacak işlemsel yükseltecin rail to rail modunda bir yükselteç olması gerekmektedir. Rail to rail mod olan işlemsel yükselteçler, çıkış gerilimlerinde oluşan saturasyonlarda yükselteç besleme gerilim seviyelerine olabildiğince yakın seviyelerde çıkış verebilmektedirler (Url-10). AATS kuvvet sensörü elektronik şemasında kullanılan işlemsel yükselteçlerin çıkış gerilim değişim oranları $VDD - 25 \text{ mV}$, $VSS + 25 \text{ mV}$ tur. Bu durumda sensörün çıkış sinyali, işlemsel yükselteç besleme gerilimi 3.3V ise 3.275 V olarak yükselteç çıkışından verilebilmektedir. Rail to rail modunda olmayan işlemsel yükselteçlerde bu oran $VDD - 4 \text{ V} / VSS + 4 \text{ V}$ mertebelerine kadar düşmektedir. Çıkış sinyalinin kayıpsız mikrodenetleyiciye

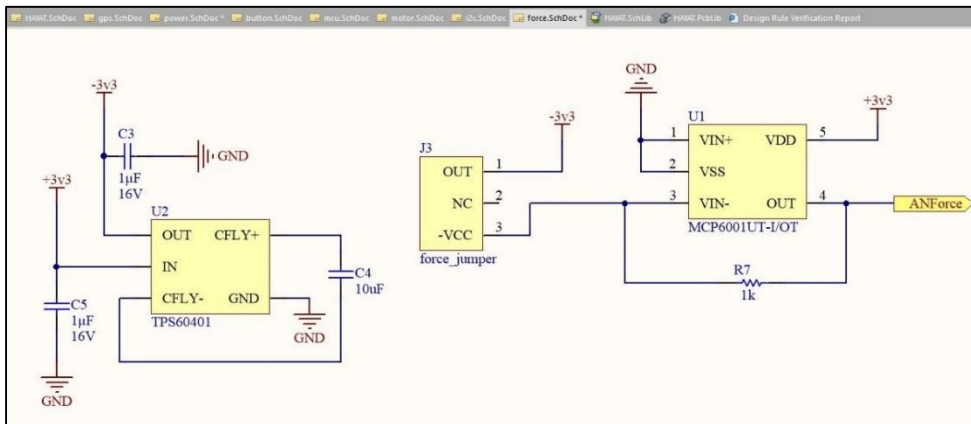
aktarılması gereken bir uygulama olan kuvvet ölçümü için rail to rail modu olan bir yükselteç kullanmak ideal olacaktır.



Resim 4.1: Kuvvet sensörü hızlı prototipleme devresi.



Şekil 4.22: Kuvvet sensörü çıkış sinyal örnekleri.



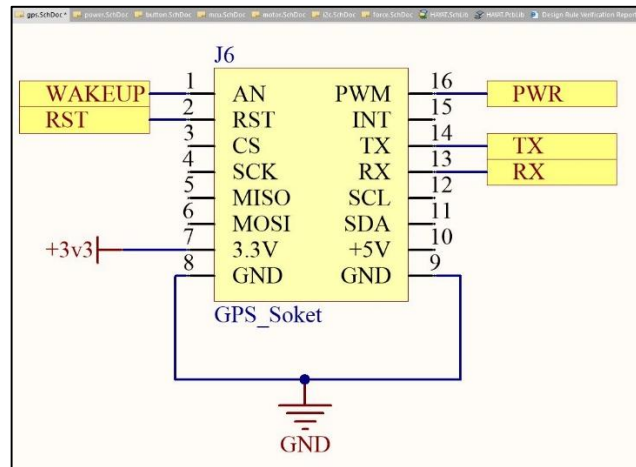
Şekil 4.23: AATS kuvvet sensörü elektronik şeması.

AATS, turnike işlemleri yapılan noktanın konum bilgisine ulaşan bir sistemdir. Tiriyaaj uygulaması için gerekli olan konum bilgisi askeri alanda kullanılacak olan AATS nin en önemli özelliğini oluşturmaktadır. AATS, CENKER sisteminin alt bileşeni olduğu için ve CENKER sistemi üzerinde konum bulma modülü bulunduğu için kendi elektronik kontrol kartı üzerinde konum bulmak için yararlanılan GPS modülü barındırmasına gerek yoktur. Fakat tez kapsamında geliştirilecek prototip CENKER projesinden ayrı olarak bir ürün olduğu için kendi GPS modülü aracılığı ile konum bulma görevini yerine getirmektedir. Bunun için AATS elektronik kontrol kartında Şekil 4.24’te gösterilen GPS Click modülü kullanılmıştır.



Şekil 4.24: GPS Click modülü.

Jumperlar ile geliştirilen PCB ye montaj edilen modülün AATS elektronik kontrol kartı üzerindeki elektronik tasarım şeması Şekil 4.25’te gösterilmiştir. GPS Click modülü hazır bir PCB olduğu için modülün kendi elektronik tasarım şeması EK 7’de verilmiştir.



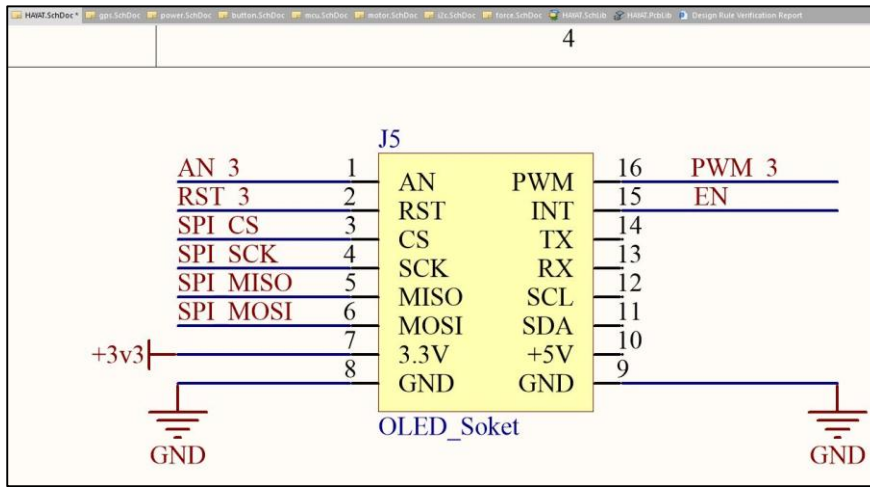
Şekil 4.25: AATS GPS modülü elektronik şeması.

AATS, kullanıcı tarafından açma – kapatma düğmesi ile çalıştırıldıktan sonra üzerinde bulunan kullanıcı bilgilendirme ekranı ile yaralının izlemesi gereken talimatları mikrodenetleyici kontrolü ile aktarmaktadır. Mikrodenetleyici ile SPI haberleşme protokolü ile haberleşen ekran AATS sisteminin son kullanıcı arayüzünü oluşturmaktadır. AATS de kullanılan ekran düşük güç tüketimi ve her açıdan ekranın görünebilme gibi özelliklerinden dolayı OLED tipte seçilmiştir. Şekil 4.26’da gösterilen ekran OLED Click modülü olarak PCB si ürettirilen AATS elektronik kontrol kartı üzerine jumperlar ile montaj edilmektedir.



Şekil 4.26: OLED Click modülü.

Geliştirilen PCB ye montaj edilen modülün AATS elektronik kontrol kartı üzerindeki elektronik tasarım şeması Şekil 4.27’de gösterilmiştir. OLED Click modülü hazır bir PCB olduğu için modülün kendi elektronik tasarım şeması EK 8’de verilmiştir.



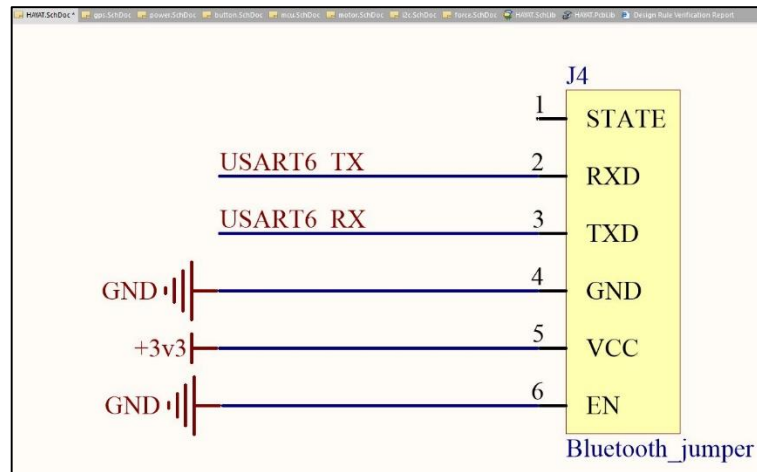
Şekil 4.27: AATS GPS modülü elektronik şeması.

AATS, CENKER projesinin bir alt modülü olduğu için asker üzerinde bulunan giyilebilir bilgisayar ile haberleşebilmektedir. CENKER projesi alt modüllerinden biri olan giyilebilir bilgisayar modülü Bluetooth haberleşme protokolü ile asker üzerinde bulunan diğer alt sistemler ile haberleşebilmektedir. Giyilebilir bilgisayar modülü aynı zamanda manga için özel askeri haberleşme standardı ile manga içerisindeki tüm askerler ile haberleşebilmektedir. Manga komutanı üzerinde bulunan üst çevrim haberleşme cihazı sayesinde komutan karargah ile haberleşebilmektedir. Dolayısıyla asker çeşitli haberleşme protokolleri ile karargaha bilgi gönderebilmektedir. AATS turnike işlemini uyguladıktan sonra turnike uygulanma zamanı, turnikenin uygulandığı konum, turnike uygulama kuvveti, yaralı kan grubu verilerini bu sayede karargaha iletebilecektir. Tez kapsamında üretilen prototipte kullanılan Bluetooth modülü Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



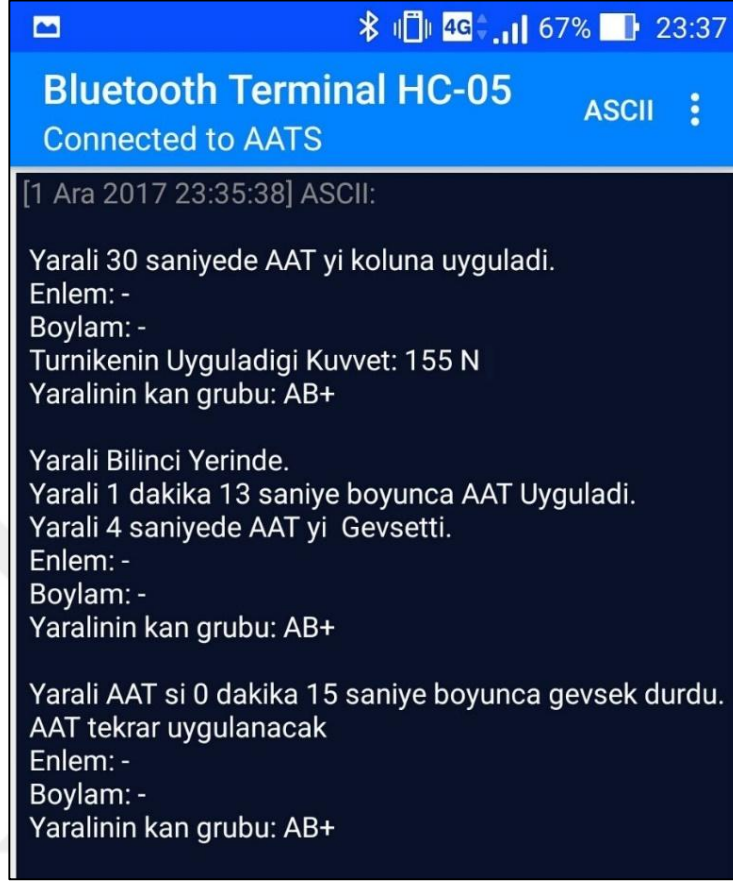
Şekil 4.28: Bluetooth modülü.

Geliştirilen PCB ye jumperlar ile monte edilen Bluetooth modülünün AATS elektronik kontrol kartı üzerindeki elektronik tasarım şeması Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29: AATS Bluetooth modülü elektronik şeması.

AATS Bluetooth haberleşme protokolü ile Şekil 4.30'da gösterilen mesajları Bluetooth haberleşme terminaline ulaştırmaktadır.



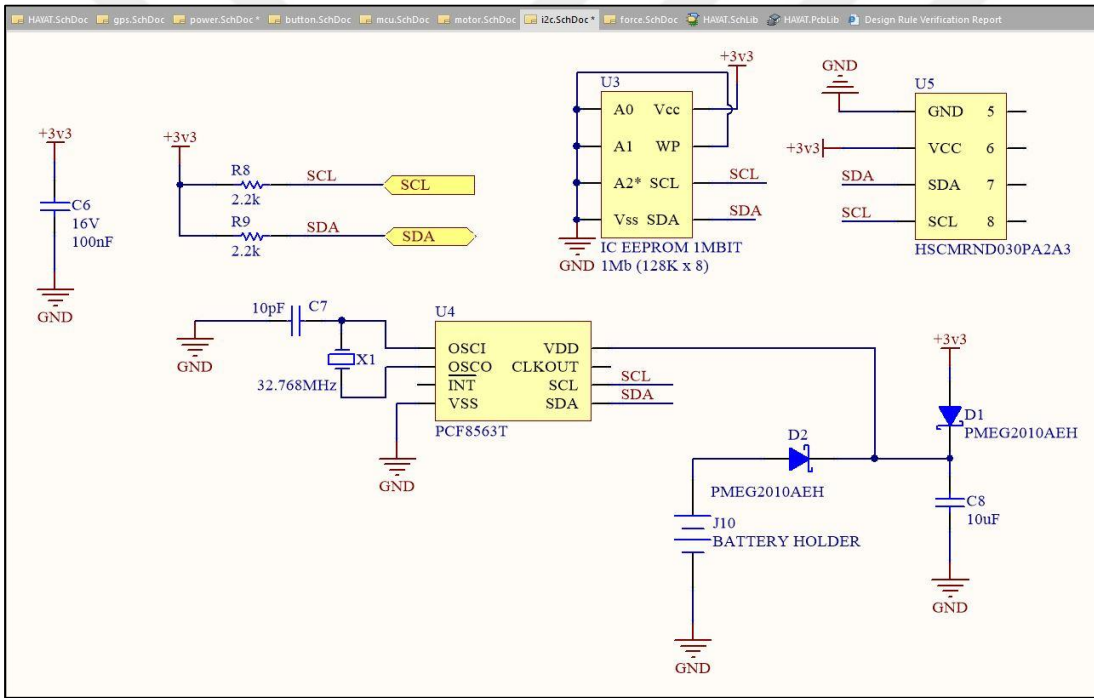
Şekil 4.30: AATS Bluetooth modülünün terminale gönderdiği mesajlar.

AATS üzerinde bulunan EEPROM, RTC, basınç sensörü modülleri I²C haberleşme protokolünü kullanarak mikrodenetleyici ile haberleşmektedir. EEPROM modülü AATS sisteminin harici hafızası olarak kullanılmaktadır. EEPROM elektrik ile silinip tekrardan programlanabilen bir hafıza birimidir. Sistemde güç kaybı ya da elektrik kesintisi olsa dahi yazmaçlarına yazılan veriler istenilmediği sürece silinmemektedir. AATS nin kullandığı sonsuz dişli mekanizması bir motor ile hareket ettirilmektedir. Kullanılan motor farklı yönlere dönerek turnike kemerinin hem sıkılma hem de gevşeme işlevini yerine getirmektedir. Sistemin turnike işlemini gerçekleştirmesi için ya motorun hareketini ya da kasnağın hareketini bilmesi gerekmektedir. Elektronik olarak bu hareketin yönünü ve miktarını bilmek için motorun dönme miline eş merkezli bağlanmış olan bir encoder kullanmak gerekmektedir. AATS motoruna entegre edilmiş olan encoderden gelen yön ve hareket miktarı bilgisinin ise sistem tarafından sistem kapalı iken dahi silinmeyecek

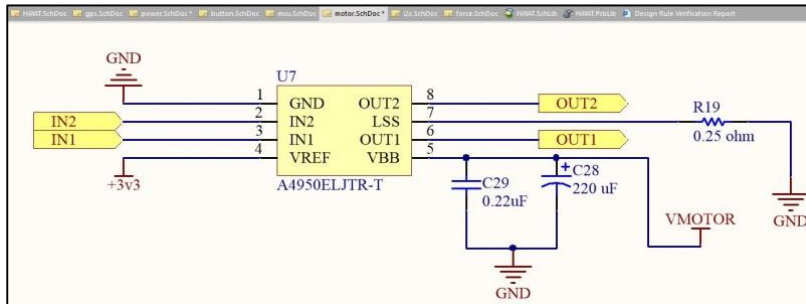
bir hafızada saklanması gerekmektedir. Bunun için EEPROM modülü AATS tarafından kullanılmaktadır. RTC modülü çalışmaya başladığı anda gerçek zamanlı olarak zamanlayıcıyı başlatmakta ve zamanı saymaktadır. AATS'yi uygulayan kullanıcının turnike uygulama zamanı ve bir turnike işlemi çevrimi içerisinde geçen turnike ve gevşetme sürelerinin bir merkeze aktarılması gerekmektedir. Mevcut turnike uygulama zamanı GPS'ten alınan saat bilgisi ile sistem yazmaçlarına kayıt edilmektedir. Fakat algoritma GPS sinyaline ulaşamadığı durumda saat verisini RTC modülünden çekmektedir. Basınç sensörü AATS elektronik kontrol kartına ar – ge çalışmaları için konulmuştur. AATS kuvvet sensöründen alınan geribildirim ile turnike işlemini uygulamaktadır. Fakat sistem turnike işlemiyle yaralanmanın olduğu ekstremiteye bir kemer ile basınç uygulayarak kan akışının durmasını sağlamaktadır. Bu durumda kemer ile yaralanmanın olduğu ekstremita arasına konacak hacmi bilinen bir manşon ile sistemin uyguladığı basınç ölçülebilir. Böyle bir testin gerçekleşmesi için sistem üzerine basınç sensörü de eklenmiştir. I²C haberleşme protokolüne bağlı tüm elektronik modüllerin tasarım şeması Şekil 4.31'de gösterilmiştir. I²C elektronik tasarımında en önemli olan parametre verilerin taşındığı SDA hattı ile I²C hattına bağlı modüllerin hangisinin seçilmesi gerektiğinin belirlendiği SCL hattının bir direnç ile pull – up modunda sistem beslemesine çekilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu geçişlere çok yakın bir noktada besleme ile şase arasına bir kapasite konulup veri aktarımı sırasında oluşan gerilim dalgalanmalarının azaltılması gerekmektedir. Şekilde görülen çift diyot yapısı ile PCF8563T kodlu RTC nin daimi enerji verili olması sağlanmaktadır. D1 diyotu sistem beslemesi olduğu sürece iletimde olacak ve D2 diyotunun katotunda 3.3V gerilim olmasını sağlayacaktır. Bu şekilde D2 diyotunun harici pil bulunan anot ucu ile ve D1 diyotunun katot ucuna bağlı olan katot ucu arasında aynı gerilim oluşması sağlanarak D2 diyotu ilettime geçemeyecektir. Katot uçlarının birleştiği noktaya bağlanan RTC modülünün beslemesi bu noktadaki 3.3V gerilim ile enerji alacaktır. Sistem kapatıldığında ise D1 diyotu ilettime geçemeyecek bu sefer D2 diyotunun katot ucunda 0V gerilim olduğu için D2 diyotu ilettime geçecek ve harici bataryadan RTC modülüne enerji sağlayacaktır.

AATS yaralanmanın olduğu ekstremiteye turnike işlemini bir motor yardımı ile uygulamaktadır. EK – 1'de veribelgesi verilen motorun yük altında nominal çektiği akım 1.5 A mertebesindedir. Bu doğrultuda AATS elektronik kontrol kartında

kullanılan motor sürücünün en az iki kat daha fazla akım çekebilecek tipte seçilmesi gerekmektedir. Şekil 4.32’de elektronik şeması gösterilen motor sürücü entegrenin %100 duty ile motor çıkışından çekebileceği akım 3.5 A dir. Güvenlik faktörü 2.3 olarak seçilen motor sürücü entegrenin veribelgesinde çeşitli isterler yer almaktadır. Seçilen entegre akım kontrolü olan bir entegredir ve bu ölçümü R19 göstergisi ile gösterilen 0.25 ohm luk yüksek güçlü direnç ile gerçekleştirmektedir. C29 ve C28 kapasitörleri ise gene motor sürücünün veribelgesinde belirtilen sürücüye özel kapasitelerdir. Sürücü beslemesi ile şase arasına bağlanan kapasitörler ile besleme hattına binecek gerilim dalgalanmalarının sönümlenmesi amaçlanmaktadır. Aksi takdirde motor pik akımları sırasında sistem bataryasında yaşanan gerilim kayıpları elektronik kartın reset atmasına sebep olabilmektedir.

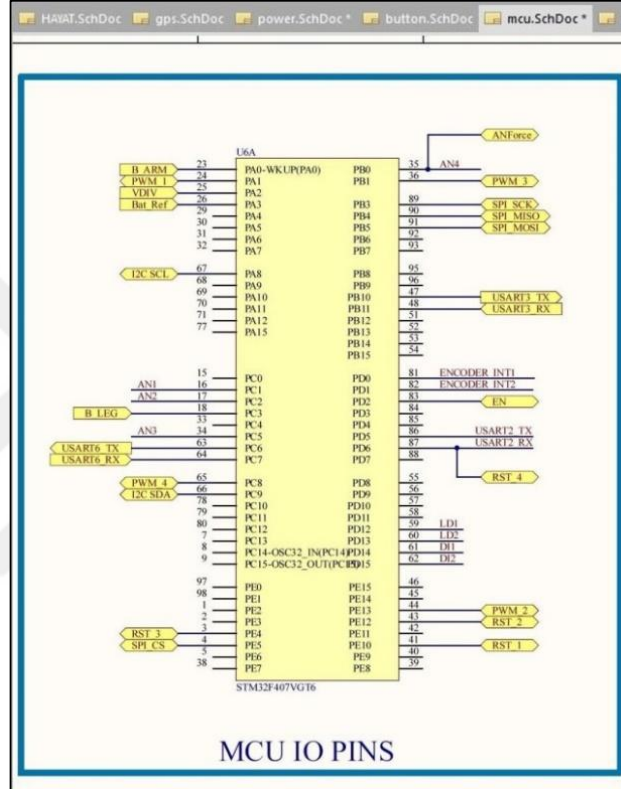


Şekil 4.31: AATS I²C hattı elektronik tasarımı.



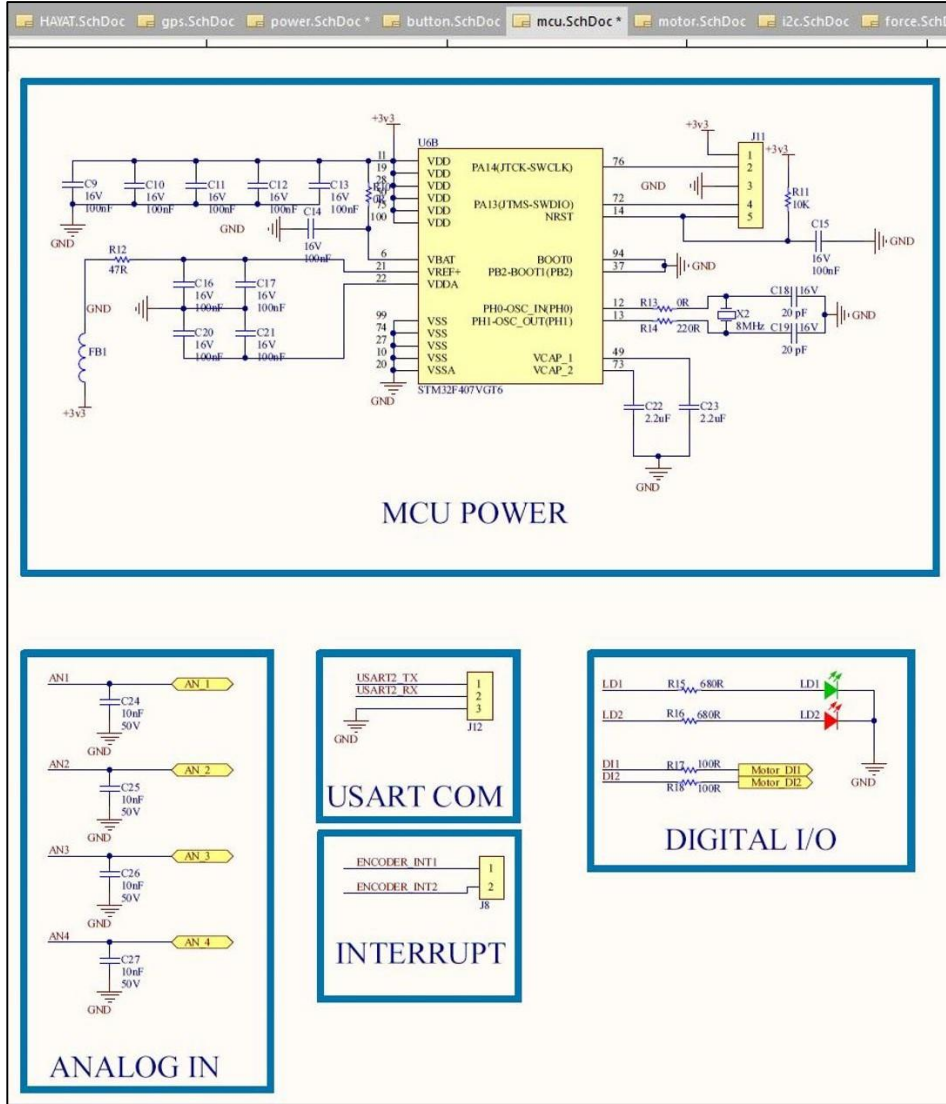
Şekil 4.32: AATS motor sürücü elektronik tasarımı.

AATS elektronik kontrol kartının beyni olarak nitelendirilecek yapısı mikrodenetleyici ünitesidir (MCU-MicroControllerUnit). MCU tüm çevresel birimler ile haberleşen ve sistem algoritmasını çalıştıran merkezi kontrol birimidir. Birden çok çevresel birimi kontrol edebildiği için MCU ların oldukça fazla pini olmaktadır. Şekil 4.33'te MCU giriş ve çıkış pinlerinin elektronik tasarım şeması verilmiştir. Bağlantı olmayan pinler boş bırakılmıştır ve bu pinler MCU nun içerisinde bulunan elektronik devreler ile şaseye çekilmiştir.



Şekil 4.33: AATS MCU giriş/çıkış pin elektronik tasarımı.

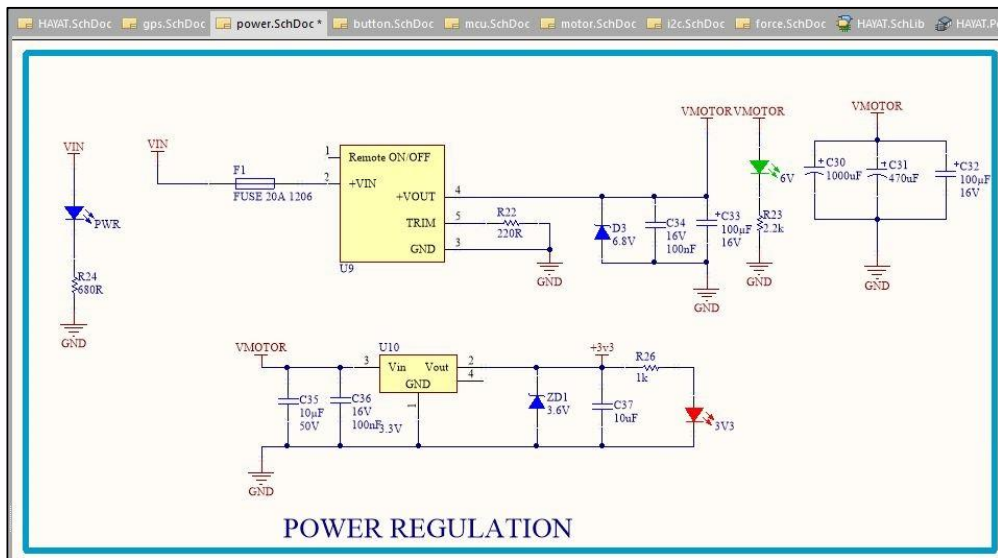
MCU nun yukarıdaki şekilde sadece verilerin aktarıldığı giriş çıkış pin listesi verilmiştir. Kullanılan STM32F407VGT6 ARM mimarili MCU, 100 pinli yapıdadır ve kalan pinleri MCU nun harici kristal, seri kablo debug modunda gömülü yazılım gömme pinleri ve besleme – şase pinleridir. Bu pinler “MCU POWER” kategorisine ayrılarak ayrı bir elektronik şemada tasarlanmıştır. Şekil 4.34'te gösterilen MCU güç pinleri şemasının altında MCU dijital ve analog girişlerine takılmış harici çıkışlar, USART haberleşmesi ile MCU yazılımı üzerinde ar – ge çalışmalarına olanak sağlayan USART Haberleşme kategorisi ve harici kesme ile çalıştırılan encoder çıkışlarının bağlandığı MCU jumper kategorisi gösterilmektedir.



Şekil 4.34: AATS MCU güç pinleri elektronik tasarımı.

AATS elektronik kontrol kartı bir bataryadan aldığı gerilim ile çalışmaktadır. Batarya gerilim seviyeleri batarya kullanıldıkça değişiklik göstermektedir. Sistemin çalışması için kullanılan batarya 7.4 V LI-ION tipte seçilmiştir. Fakat bu değer bataryanın nominal voltajıdır ve tam yüklü iken bu değer 8.4 V mertebelerine çıkarken bataryanın azalması ile bu değer 6.5 V mertebelerine kadar düşebilmektedir. Kısaca sistem çalıştığı sürece değişen gerilim kaynağı sistemin özellikle sabit gerilim ile beslenen parçaları için istenen bir şey değildir. Bu sebeple elektronik kontrol kartlarında güç regülasyonu yapılmalıdır. Seçilen motor 6V ile, MCU ve diğer tüm IC ler 3.3V ile çalışmaktadır. Bu sebep ile AATS kontrol kartı üzerinde iki farklı güç regülatörü bulunmaktadır. Şekil 4.35'te U9 ile gösterilen DC-DC dönüştürücü entegresi değişken giriş gerilimini çıkışından sabit 6V gerilim

seviyesine indirmektedir. Bunun ayarlanması için kullanılacak DC-DC dönüştürücünün veribelgesine bakılması gerekmektedir. 6V DC-DC dönüştürücünün veribelgesinde TRIM pinine bağlanacak direnç seviyesi değişimine göre DC-DC dönüştürücünün çıkış gerilim değişiminin tablosu yer almaktadır. Bu tablo göz önüne alınarak yapılan tasarım sonucunda DC-DC dönüştürücünün çıkışından 6V bir gerilim seviyesi görülmesi sağlanmıştır. Şekilde de görüldüğü üzere giriş gerilimi “VIN” etiketi ile 6V çıkış gerilimi “VMOTOR” etiketi ile tanımlanmıştır. VMOTOR ile şase arasında yer alan 1000, 470, 100 uF mertebelerindeki polarize kapasitörler farklı frekans bantlarında oluşabilecek gerilim gürültülerinin sönümlenmesi ve motor sürülürken sürülme geriliminin DC karakteristiğinin bozulmaması için kullanılmıştır. PWR etiketi ile gösterilmiş olan mavi led sistem bataryadan güç aldığı anda ilettime geçmektedir. Bu şekilde kart üzerinde bataryadan güç gelip gelmediği kontrol edilebilmektedir. Mavi ledin forward gerilimi 4V olduğu için batarya seviyesinin 4V un altına inmesi durumunda mavi led yanmayarak batarya seviyesindeki çok ciddi düşüş algılanabilecektir. VMOTOR ile şase arasında bulunan 6V etiketi ile gösterilen yeşil led ise sistemde 6V olduğu sürece ilettime geçecek ve tasarımcıya AATS elektronik kontrol kartı ar-ge çalışmaları boyunca kılavuz olacaktır. 6V DC-DC dönüştürücünün çıkışında yer alan D3 zener diyotu çıkış geriliminde oluşabilecek bir dalgalanmanın önlenmesi amaçlı kullanılmıştır. DC-DC dönüştürücünün çıkışından maksimum 10 A akım çekilebildiği için motorun sürülmesi için gerekli güç kriterleri sağlanmaktadır.

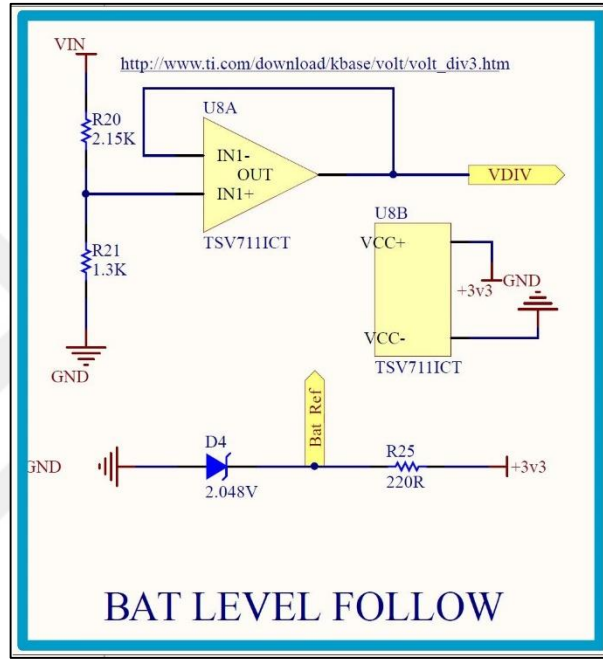


Şekil 4.35: AATS MCU güç regülasyonu elektronik tasarımı.

Turnike uygulaması sırasında aşırı güç tüketimi sonucu bataryadan fazla akım çekilmesiyle oluşacak batarya gerilim seviyesindeki dalgalanmalar alınan tüm önlemler ile giderilmiştir. 3.3V luk gerilim seviyesinin elde edilebilmesi için U10 ile gösterilen voltaj regülatörü kullanılmıştır. 3.3V luk gerilim regülatör devresi DC-DC dönüştürücü elektronik tasarımı ile benzer mantıkta tasarlanmıştır. AATS güç regülasyon kategorisinin çalışma mantığını özetlemek gerekirse VIN den gelen batarya gerilimi PWR ledini yakarak DC-DC dönüştürücünün girişine gelmektedir. DC-DC dönüştürücü çıkışındaki 6V ledini yakarak çıkışının bağlı olduğu tüm hatlara 6V luk gerilimi sağlamaktadır. DC-DC dönüştürücünün çıkışı 3.3V luk güç regülatörüne girerek regülatör çıkışında 3V3 etiketi ile simgelenen kırmızı led yanmakta ve karta 3.3V luk gerilim sağlanmaktadır.

AATS elektronik kontrol kartı pil seviyesini kontrol etmektedir. Bunun için Şekil 4.36'da gösterilen batarya seviyesi takip devresi tasarlanmıştır. Bunun için iki temel mantık kullanılmıştır. Sisteme bağlı bir bataryanın seviyesindeki değişimin ölçülmesi için sabit bir referans ile batarya seviyesinin kıyaslanması gerekmektedir. Çıkış gerilim seviyeleri değişken olan bataryadan sabit bir gerilim seviyesi değeri elde edilmesi için zener diyot kullanılmaktadır. Zener diyot katotundaki gerilim seviyesi değişken de olsa iletme geçtiği anda katot ucunda sabit çıkış gerilimi vermektedir. 2.048 V sabit gerilim veren D4 zener diyodu Bat Ref etiketi ile MCU nun analog girişine bağlanmıştır. Bu şekilde yazılımsal olarak batarya seviyesi sabit bir referans değeri ile kıyaslanmaktadır. Batarya seviyesini kıyaslamak için VIN girişinin MCU nun analog girişinden verilmesi gerekmektedir. Fakat seçilen MCU nun veribelgesindeki maksimum değerler listesine göre pin girişlerine maksimum 4 V uygulanabilmektedir. AATS sisteminde kullanılan batarya tam şarj olduğu durumda 8.4 V gerilim seviyesine çıkmaktadır. MCU ya zarar gelmemesi için batarya çıkışının belirli bir seviye altına çekilmesi gerekmektedir. Gerilim bölücü devreleri ile batarya seviyesi iki farklı değerde direnç kullanılarak daha az bir gerilim seviyesine indirilmektedir. Şekildeki gösterilen R20 ve R21 dirençleri ile giriş maksimum batarya gerilim seviyesi 8.4V, 3.1V seviyesine indirilmiştir. Bu şekilde batarya seviyesindeki azalım 3.1V mertebesinden aşağı doğru azalan bir karakteristik sergileyecektir. Gerilim bölücü devrelerinin çıkışlarının direkt MCU ya bağlanması sakıncalıdır. Bunun için şekilde görülen 1 kazanç katsayılı gerilim takip devresi kullanılmıştır. Kullanılan işlemsel yükseltecin çıkışı, girişine bağlı olduğu için

gerilim seviyesindeki dalgalanmalar sönümlenmektedir, ayrıca kazanç katsayısı 1 olduğu için sinyal seviyesinde herhangi bir yükselme de olmamaktadır. Gerilim takip devresi olarak kullanılan işlemsel yükselteçlerin giriş empedanslarının çok yüksek olmasından dolayı ohm kanununa göre gerilim bölücünün çok az akım çekmesi sağlanmaktadır. Böylelikle yapılan tasarım ile amaç batarya gerilim seviyesindeki değişimin; bataryadan çok az akım, doğal olarak çok düşük güç tüketimi ile akım çekilmesini sağlayarak bataryanın asıl amacı olan motor sürme ve sistemi besleme işlevini engellememektir.

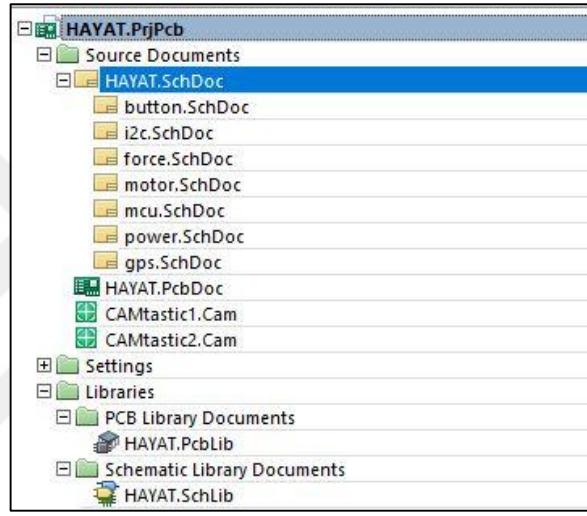


Şekil 4.36: AATS MCU batarya seviyesi takip devresi elektronik tasarımı.

AATS elektronik kontrol kartı üzerinde sistem bataryasının şarj edilmesini sağlayan şarj devresi bulunmaktadır. Yapılan elektronik tasarım ile sisteme bağlı olan batarya, batarya şarj girişinden 12V luk şarj gerilimi uygulandığında sisteme giden gücü kesmekte ve batarya şarj devresi üzerinden bataryayı şarj etmektedir. Bu kontrol şarj soketi girişine koyulan anahtarlama elemanı olarak kullanılan P kanallı MOSFET (P-MOS) ile sağlanmaktadır. Negatif gerilim uygulanması ile çalışan P-MOS lar GS gerilim seviyeleri sağlandığı sürece iletimde kalırlar. Şekil 4.37’de gösterilen MCU şarj devresinde AOD409 tip P-MOS un veribelgesine göre VGS minimum eşik değeri -1.2 V tur. Bunun anlamı P-MOS un Gate ucundaki gerilim 0V, Source ucundaki gerilim 1.2 V olduğu takdirde VGS gerilimi -1.2 V olmaktadır. Bu değer altındaki gerilim seviyelerinde iletime geçebilecek olan P-MOS, -1.2 V un

4.2.7 PCB tasarımı

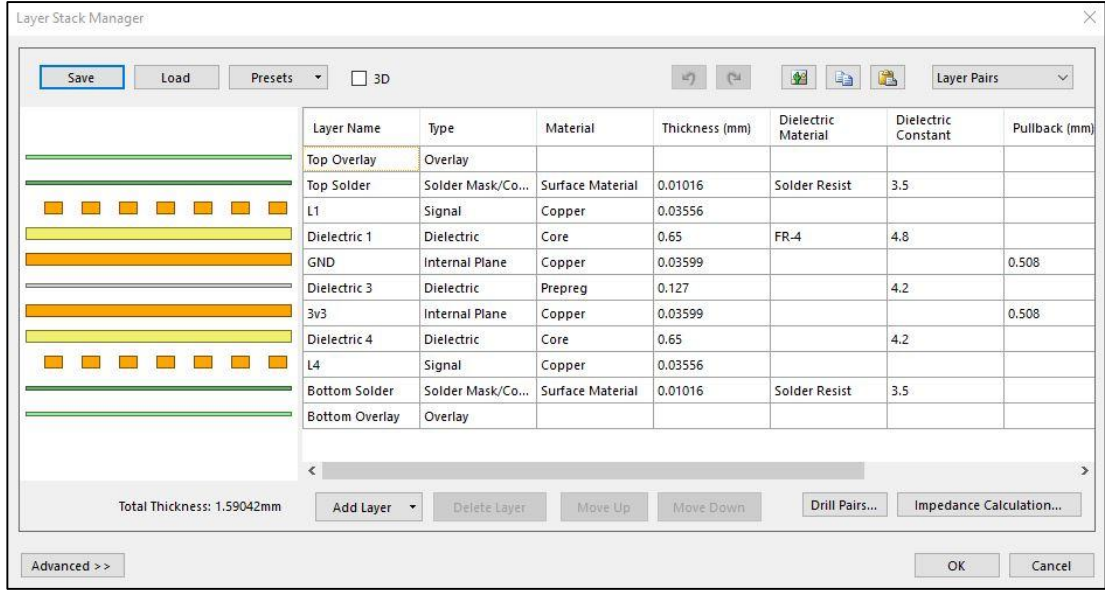
AATS elektronik kontrol kartının ALTIUM programında elektronik şematik tasarımı tamamlandıktan sonra PCB tasarım aşamasına geçilmiştir. Elektronik tasarım .schDoc uzantılı şematik dosyalarında yapılmaktadır. AATS sistemi için yapılan dosya hiyerarşisi Şekil 4.38’de gösterilmiştir. HAYAT.PrjPcb adlı proje dosyası içerisinde oluşturulan HAYAT.SchLib ve HAYAT.PcbLib kütüphaneleri ile hazırlanan HAYAT.SchDoc ve alt .SchDoc uzantılı dosyalar programın derleme aracı ile derlendikten sonra PCB tasarımının yapıldığı HAYAT.PcbDoc dosyasına tüm bağlantıları ile birlikte footprintler şeklinde aktarılmaktadır.



Şekil 4.38: AATS ALTIUM dosya hiyerarşisi.

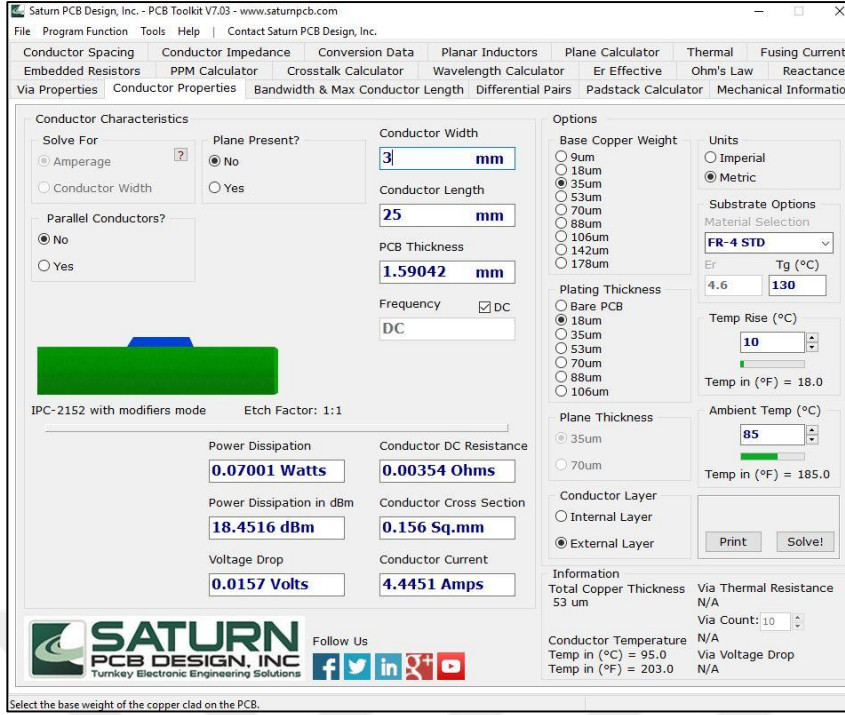
PCB tasarımının başlangıcı olarak tasarlanacak olan PCB nin entegre edileceği sistemdeki kaplayacağı alanın bilinmesi gerekmektedir. Bunun için çalışmalara öncelikle sistem mekanik tasarımı ile başlanır. AATS sisteminin ana gövde tasarımının tamamlanması ile PCB için kalan alan ve hacim belirlenmiştir. Yüklü kapasitor, ekran, jumper gibi PCB kartında yükseklik oluşturan komponentlerin konumu sistemin ana gövdesinde bulunacakları konum ile karşılaştırılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak PCB tasarımda “Board Shape” aracı kullanılarak PCB nin şekli mm ölçüleri ile belirlenmiştir. PCB kartının boyutları belirlendikten sonra bakılan parametre şematik tasarımdan PCB düzlemine aktarılan malzemelerin miktarı ve boyutlarıdır. Malzemeler toplu olarak PCB üzerindeki alana sığsa da bu doğru bir tasarım için yeterli ve gerekli değildir. Çünkü malzemelerin birbirleri ile olan bağlantıları, bu bağlantıların çekeceği akım değerleri, bağlantıların etrafındaki

malzemeler üzerindeki ısı, manyetik ve elektrik alan etkileri düşünülerek kart üzerinde konumlandırılması gerekmektedir. Tüm bu parametreler düşünüldüğünde AATS elektronik kontrol kartı çift yüzlü ve 4 katlı bir PCB olacak şekilde tasarlanmıştır. PCB ler kart yüzeyine yerleştirilen malzemeler ve katman sayılarına göre sınıflandırılırlar. Miktar olarak az malzeme ile oluşturulacak bir PCB, kartın tek yüzeyine tüm sinyallerin ve besleme hattının çizilmesi ile gerçekleştirilebilir. Fakat konvansiyonel baskı devre üretimlerinde kullanılan tek yüz uygulaması PCB lerde çok tercih edilmemektedir. PCB üreticilerinin tasarımcılara sunduğu via yapısı sayesinde üretilen PCB lerin çok büyük bir yüzdesi çift yüzlü olacak şekilde tasarlanmaktadır. Fakat tasarlanan elektronik kontrol kartları üzerindeki haberleşme protokollerinin sayısının artması, malzemelerin istenilen konumda kart üzerinde hizalanması için PCB katman sayısı artmaktadır. AATS 4 katmanlı olarak tasarlanmıştır. Katmanlar ve katman özellikler Şekil 4.39'da gösterildiği gibi ALTIUM programının “Layer Stack Manager” aracı ile gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan PCB nin en üst katmanı L1, en alt katmanı L4 etiketi ile isimlendirilmiştir. Besleme ve şase hattı haricindeki tüm malzeme bağlantıları bu katmanlardan götürülen PCB nin L1 katmanının altında şase, L4 katmanının üstünde de besleme hattı olan 3.3V bulunmaktadır. 4 katlı PCB tasarımlarının en büyük avantajı malzemelerin besleme ve şase bağlantılarının ara katmanlarda olması ve bu katmanların PCB nin her yerinde bulunmasıdır. PCB tasarımında her bir katmanda iletimi sağlayan bakır malzemesinin kalınlıkları 35 um olarak seçilmiştir. Bu değerler PCB üreticilerinin üretim standartlarında yer almaktadır. Her katman arasında 650 um kalınlığında dielektrik yalıtkan malzeme kullanılmıştır. L1 katmanının üstünde ve L4 katmanının altında yüzey montaj malzemelerinin lehimlenebilmesi için “Top ve Bottom Solder” etiketi ile isimlendirilmiş lehim katmanlarının 10 um olan kalınlıkları ile beraber AATS elektronik kontrol kartı için tasarlanan PCB nin toplam kalınlığı 1.59042 mm olmuştur. Tasarlanan PCB, FR-4 malzemesinden üretilmiştir. FR ifadesi İngilizce karşılığı ile “Fire Reterdant” kökeninden gelmektedir. Alev geciktirici özelliği bulunan FR-4 PCB cam ile güçlendirilmiş epoksi malzemedir. FR-4 malzeme; camfiberi kaplanmış kağıt malzemedir. G-10 standart malzemesinin geliştirilmiş halidir. G-10 malzemenin yanmazlık özelliği olmadığı için PCB üreticileri FR-4 standardındaki PCB malzemesini geliştirmişlerdir (Url-11).



Şekil 4.39: AATS PCB katman kalınlıklarının ayarlanması.

PCB katman tasarımı yapıldıktan sonra malzemeler arası çizilecek bakır yolların kalınlıkları hesaplanmalıdır. Bunun için Şekil 4.40'da gösterilen ücretsiz PCB yol kalınlıklarının termal değişimlerinin de ayarlanabildiği SATURN programı kullanılmıştır. Bu programa; ürettirilecek olan PCB nin malzeme özellikleri, sinyalin aktarıldığı katmandaki bakır kalınlıkları, PCB toplam kalınlığı, sinyalin taşınacağı yolun kalınlığı, sinyalin taşınacağı yolun maksimum uzunluğu, ortam sıcaklığı ve o yoldan akım akarken istenen maksimum sıcaklık artışı değerleri girilmektedir. Program bu girdilere göre o kalınlıktaki yoldan çekilebilecek maksimum akım miktarını A cinsinden hesaplamaktadır. AATS sistemi turnike işlemini uygularken sonsuz dişli mekanizmasını bir motor yardımı ile hareket ettirmektedir. Seçilen motorun nominal çektiği akım 1.5A mertebesindedir. Tasarlanan PCB de motor hattında kullanılan minimum bakır yolu genişliği 3mm olarak ayarlanmıştır. Bu durumda askeri standartlarda kabul edilen 85°C lik ortam sıcaklığında bu yolun maksimum 10 C° ısındığı durumda çekebileceği akım 4.45 A dir. $GF = 2.9$ olacak şekilde tasarlanan PCB de dijital sinyallerin taşındığı yolların kalınlıkları MCU pin genişliklerine göre ayarlandığından 0.254 mm olarak tasarlanmıştır ve aynı koşullarda 1A akım taşıyabilmektedirler. Seçilen MCU nun veribelgesine göre MCU herhangi bir giriş – çıkış pininden maksimum 25 mA akım çekilebilmektedir. Bu şekilde tasarlanan AATS elektronik kontrol kartı PCB sinin ısınmadan verimli bir şekilde çalışması sağlanmıştır.



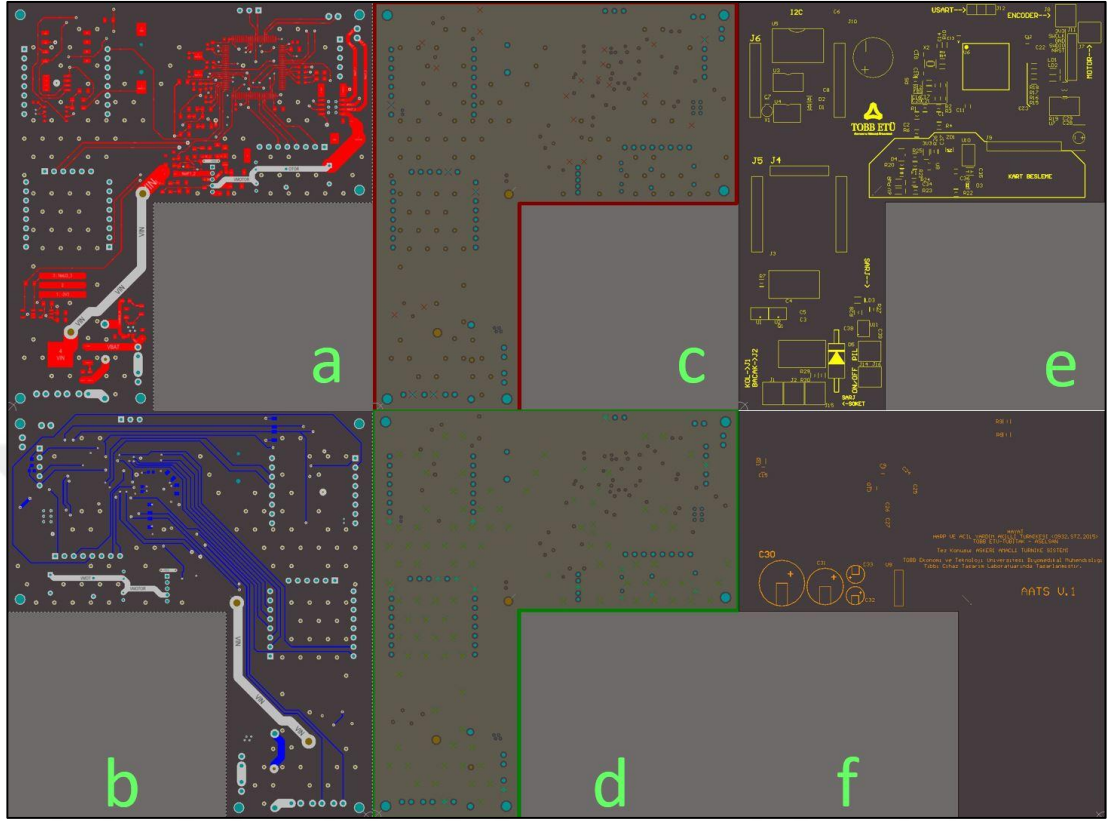
Şekil 4.40: AATS PCB yol genişliklerinin ısınma oranına göre belirlenmesi.

Malzemeler arası bağlantı yolları genişlikleri ve uzunlukları belirlenen elektronik kontrol kartında bundan sonraki aşamada PCB üzerine malzemelerin yerleşimi ve uygun yolların çizilmesi işlemi yapılmıştır. İletim yolu çizimleri yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir:

- Delik çapı ve lehim maskesi çapı minimum ölçüleri,
- Via ların lehim maskesi çapı ve delik çapı minimum ölçüleri,
- Akım yollarının minimum yapabileceği dönüş açıları,
- Delikler arası minimum uzunluk ölçüleri,
- Malzeme padlerinin diğer malzeme padlerine göre yakınlık ölçüleri,
- Malzeme göstericilerinin malzeme lehim maskelerine yakınlık ölçüleri,
- Kartın dış kenarlara olan yakınlık ölçüleri,

Ürettirilen PCB yukarıda verilen tüm kurallara dikkat edilerek tasarlanmıştır. PCB tasarımı yapılırken malzemelerin birbirileri ile olan bağlantıları L1 ve L4 katmanları üzerinden çizilmiştir. Şekil 4.41.a'da L1, 4.41.b'de L4 katmanı, 4.41.c'de 3.3V besleme katmanı ve 4.41.d'de şase katmanı gösterilmektedir. Ara katmanlar olan besleme ve şase PCB kartının tüm alanını kaplamaktadır. Şekil 4.41.e ve 4.41.f'de sırasıyla L1 katmanı göstericileri ve L4 katmanı göstericileri yer almaktadır. Bu katmanlar üretilen PCB nin en üst yüzeylerinde yer almaktadır. Çıplak gözle

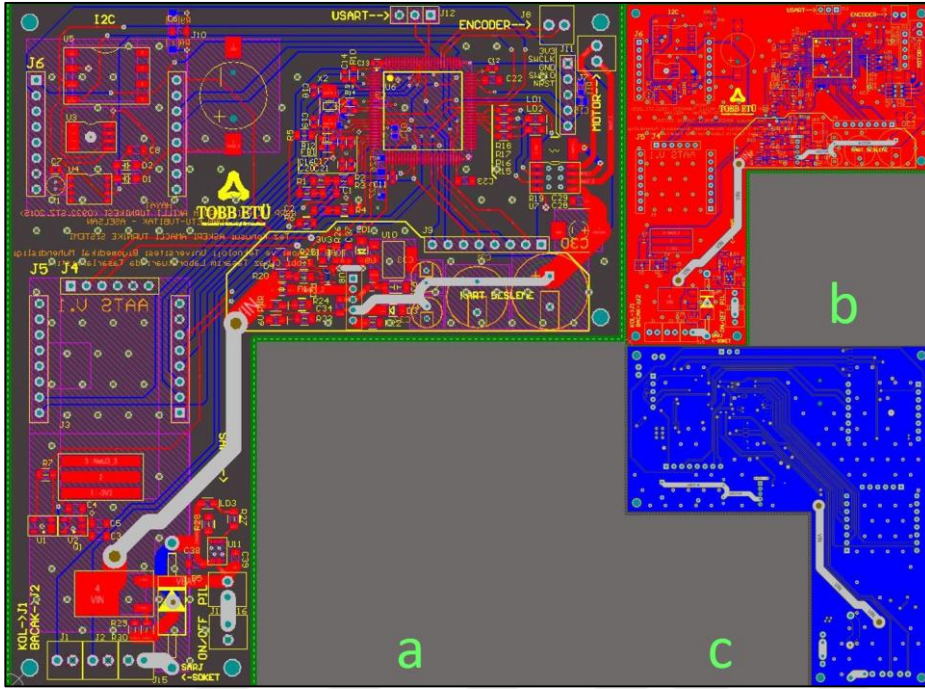
görülebilir yazı ve uyarıları içeren bu katmanlar malzemelerin PCB üzerine dizilmesi ve daha sonra yapılacak kontrollerde malzemeleri konumlarını göstermeleri için tasarlanmaktadır.



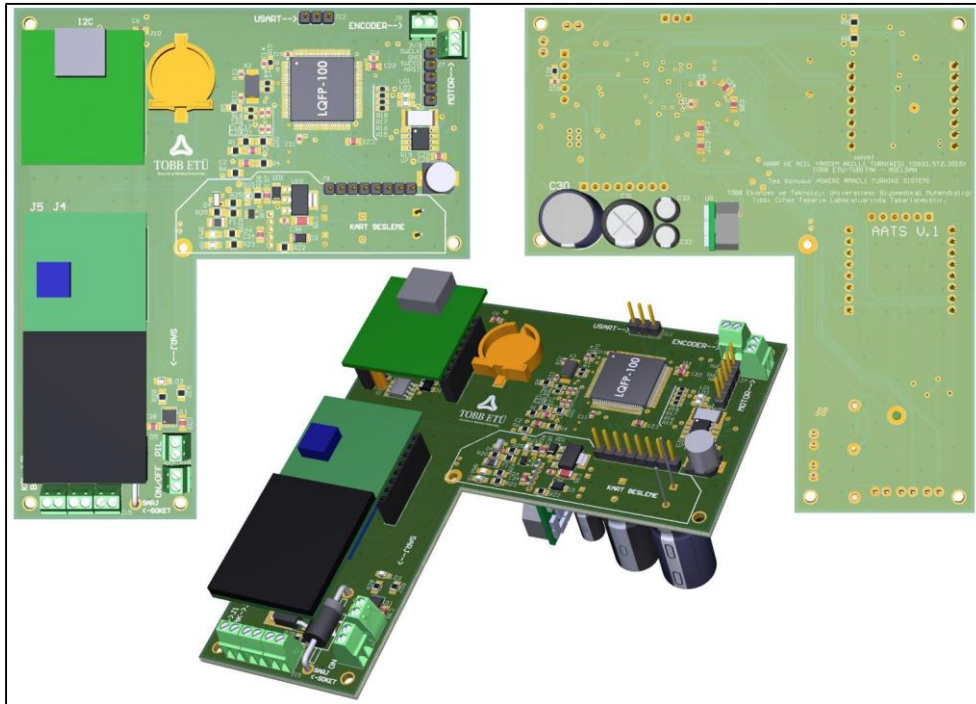
Şekil 4.41: AATS PCB katmanları; (a)L1, (b)L4, (c)3.3V, (d)GND, (e)Top overlay, (f)Bottom overlay katmanları.

Şekil 4.42.a'da tüm katmanların üst üste binmiş görüntüsü verilmiştir. Üretilen PCB nin iki boyutlu görünümde son halinin detaylı görünümü hakkında bu görseller kullanılmaktadır. Şekil 4.42.b ve 4.42.c'de sırası ile L1 ve L4 katmanlarına dökülen poligon görülmektedir. PCB tasarımı yapılırken tüm kurallara uyularak malzemeler arası bağlantılar çizilirken malzemelerin şase bağlantıları yapılmadan en sona bırakılmaktadır. Tüm sinyal bağlantıları tamamlandıktan sonra PCB nin sinyal katmanlarına dökülen poligon orta katmandaki şaseye bağlanmaktadır. Bu şekilde şase bağlantısı yapılmamış olan tüm malzemeler şaseye bağlanmış olmaktadır. Bu aşamadan sonra sistem otomatik olarak şase viaları atarak L1 ve L4 katmanı arasındaki tüm şase bağlantılarını ortaklayarak PCB üzerindeki empedans düşürülmektedir. Şekil 4.43'te tasarlanan PCB nin üç boyutlu görüntüleri gösterilmiştir. ALTIUM programının üç boyutlu kart modelini tüm üç boyutlu

tasarım programları ile uyumlu standart tasarım dosyası formatında çıktı vermesi ile tasarlanan PCB AATS ana gövde tasarımına eklenebilmiştir. Bu şekilde ana gövde tasarımının üç boyutlu modeli tamamlanmıştır.



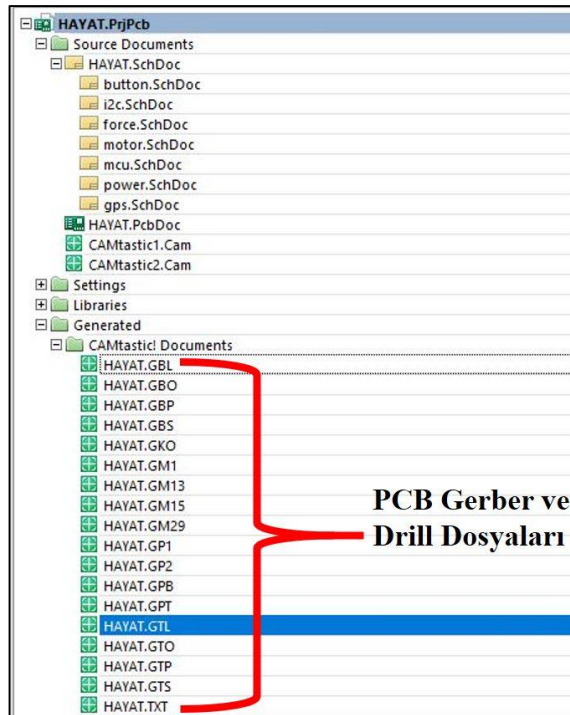
Şekil 4.42: (a)AATS PCB tüm katmanlar, (b)Poligonlu L1 katmanı, (c)Poligonlu L4 katmanı.



Şekil 4.43: AATS PCB üç boyutlu model görünümüleri.

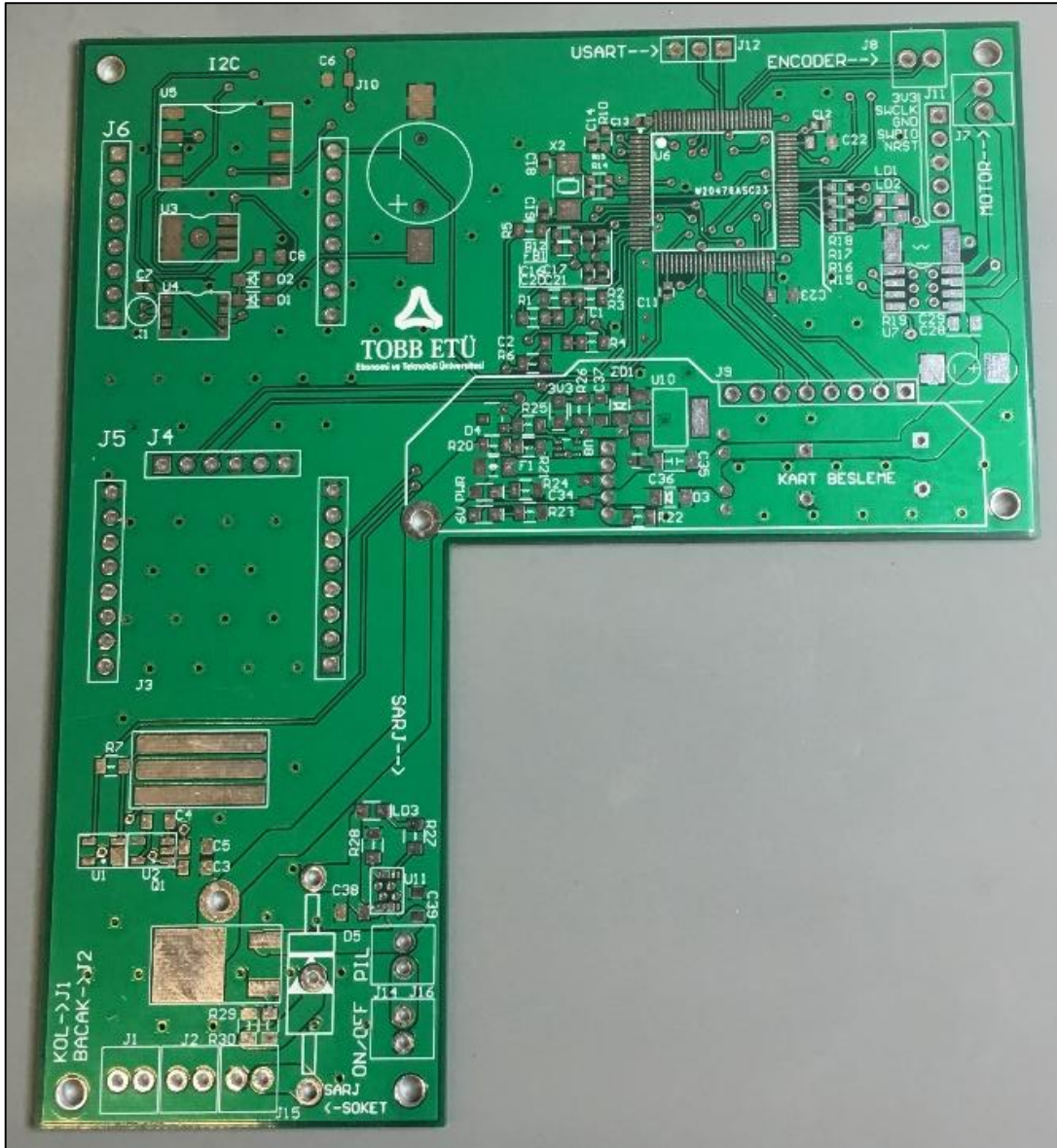
4.2.8 PCB üretimi ve PCB malzeme dizgisi

Tasarımı tamamlanan PCB nin üretim dosyalarının oluşturulması gerekmektedir. Fakat bu aşamadan önce son olarak yapılması gereken adım PCB DKU testinin yapılmasıdır. PcbDoc dosyası içerisinde tasarımı tamamlanan PCB DKU testi aracı kullanılarak PCB tasarımında tasarımcının uyması gereken tüm kurallar program tarafından kontrol edilir. Program iki farklı kategoride sonuçları listeler. Uyarılar ve kural ihlalleri olarak ikiye ayrılan DKU testi sonuçları tasarımcı tarafından değerlendirilir. Uyarılar PCB üretimi için engel olmamak ile birlikte kural ihlalleri mutlaka giderilmesi gereken maddelerdir. Tasarımın tamamlanması için yapılan tüm ihlaller PCB tasarım kurallarına uyulacak şekilde giderilir. Bu aşamadan sonra PCB tasarımı sonlanmıştır. Tasarlanan PCB nin üretilmesi için PCB üretim dosyalarının oluşturulup PCB üreticisine gönderilmesi gerekmektedir. Şekil 4.44'te gösterilen dosya ağacı listesinde PCB üretim dosyaları olan gerber ve drill dosyaları sıralanmıştır. AATS nin DKU testinden geçen PCB sinin sistem üzerinden gerber ve drill dosyaları, üretici üretim kurallarına göre oluşturularak üreticiye gönderilmiştir. Sonraki aşamada sistem tarafından otomatik olarak oluşturulan EK 9'da verilen ÜAL, malzeme tedarikçisine gönderilerek AATS PCB si üzerinde kullanılan malzemeler temin edilmiştir.

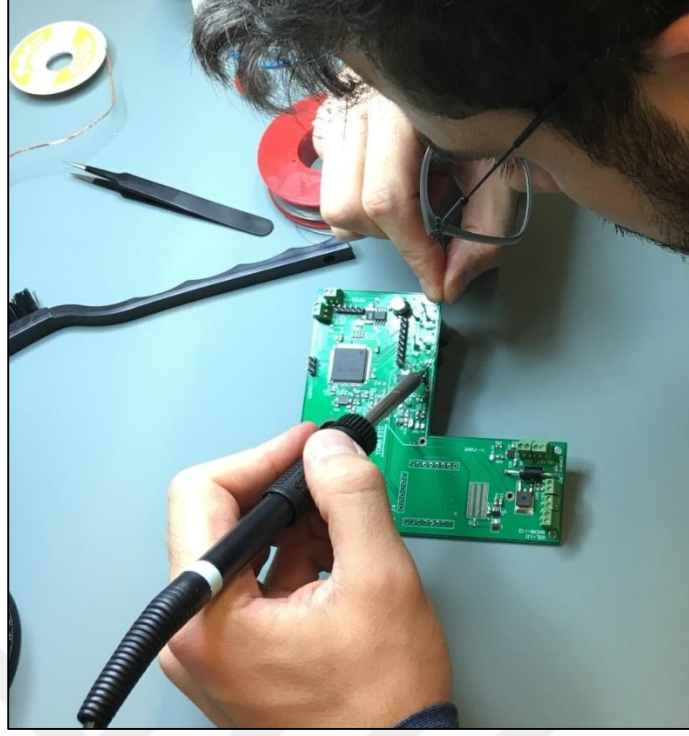


Şekil 4.44: AATS PCB Gerber ve Drill dosyaları.

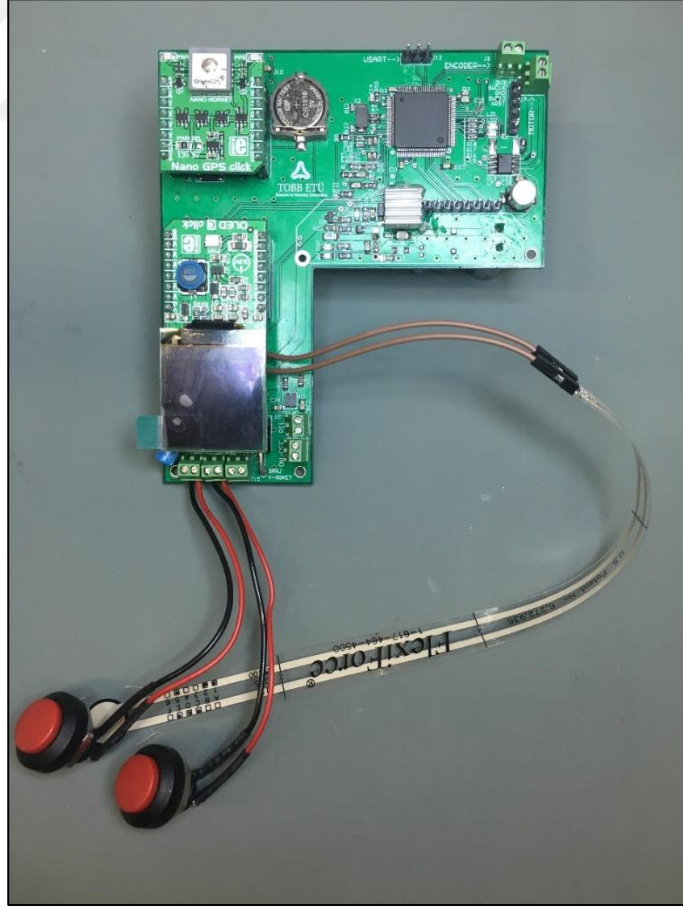
AATS elektronik kontrol kartında kullanılacak malzemeler sipariş edildikten sonra PCB üretimden gelmiştir. Üretilen PCB Resim 4.2’de gösterilmiştir. Bundan sonraki aşamada temin edilen malzemeler yüzey montaj tipi ya da yüzey delen tipine göre öncelikli olarak küçük malzemelerden başlanarak Resim 4.3’te gösterildiği gibi AATS PCB si üzerine lehimlenerek dizilmiştir. 350 C° havaya sıcaklığı ile yapılan malzeme dizgi işlemi malzemelerin veribelgelerinde yer alan özel lehimleme kuralları da göz önüne alınarak tamamlanmıştır. Dizgi işlemi tamamlanan PCB Resim 4.4’te gösterilmiştir.



Resim 4.2: AATS ürettirilen boş PCB.



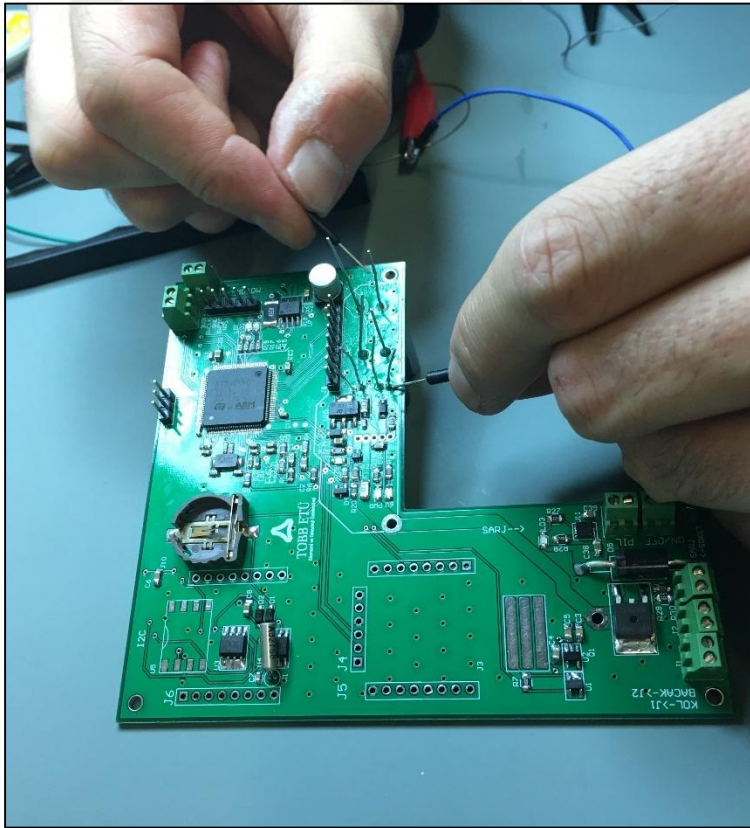
Resim 4.3: AATS PCB malzeme dizgisi.



Resim 4.4: AATS üretirilen PCB.

4.2.9 Kısa devre ve güç dağıtım kontrolü

Dizgisi yapılan kart; tez çalışmaları kapsamında el ile dizildiği için insan hatasından kaynaklı kısa devre olabilir. Bu sebeple karta elektrik verilmeden önce mutlaka gerekli bağlantılar ve pin aralıkları çok küçük olan MCU, şarj devresi gibi IC ler kısa devre kontrolüne tabi tutulmalıdır. AATS PCB üzerinde yapılan kısa devre kontrolü sonucunda fazla lehim erimesinden kaynaklı şarj devresi pinleri arasında kısa devre olduğu tespit edilmiştir. Bu fazla lehim “Solderwick” adı verilen lehim çeken örgü tel yardımı ile temizlenerek tekrar kontrol edilmiştir. Pin aralıkları 0.5 mm olan MCU nun pinleri arasında çıplak gözle görülemeyecek derecede küçük lehim partikülleri olabilmesi ihtimaline karşı mikroskop altında incelenmiştir. Tüm bağlantılarının doğru olduğundan emin olunan PCB ye elektrik verilmiştir ve elektronik şematik tasarımda anlatılan güç ledleri düzgün bir şekilde çalışmıştır. Bu güç regülasyonunun doğru çalıştığı anlamına gelmektedir. Bundan sonraki aşamada tüm IC lere besleme gerilimlerinin ulaşp ulaşmadığı bir voltmetre yardımı ile tespit edilmiştir. Resim 4.5’te AATS PCB kısa devre kontrolünün yapılışı gösterilmiştir.



Resim 4.5: AATS PCB kısa devre kontrolü.

4.2.10 Gömülü yazılımın sisteme yüklenmesi ve optimizasyonu

Kısa devre kontrolü yapılarak elektrik verilen AATS elektronik kontrol kartı üzerindeki IC ve diğer malzemeler gerekli beslemenin gittiği de kontrol edildikten sonra, son aşama olarak MCU içerisine gömülü yazılımın yüklenmesi ve çalıştırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda AATS elektronik kontrol kartı üzerindeki seri kablo debug modu jumperlarına yapılan bağlantı ile AATS kontrol kartına gömülü yazılım yüklenmiştir. Daha sonraki aşamalarda kart üzerindeki çevresel elemanların istenilen hassasiyette çalışması için gömülü yazılım üzerinde optimizasyonlar yapılarak MCU ya güncellenen yazılımlar yüklenerek sistemin çalışması için gereken son yazılım üretilmiştir. Resim 4.6'da üretilen PCB üzerine seri kablo debug modu ile gömülü yazılımın yüklenmesi gösterilmektedir.



Resim 4.6: AATS üretilen PCB ye gömülü yazılım yüklenmesi.



5. SİSTEM ÜRETİMİ

5.1 Üç Boyutlu Baskı İle Sistemin Gerçeklenmesi

AATS ana gövdesinin; tezin üçüncü bölümünde anlatıldığı üzere sahip olduğu fonksiyonel yapısının günümüz teknolojisi ile üretilebilmesi için üretim hızı, hassasiyet ve dayanıklılık parametrelerini bir arada verebilen en iyi çözüm üç boyutlu yazıcı ile ürettirilmesidir.

Eklemeli üretim olarak da adlandırılan üç boyutlu yazım teknikleri düşük maliyetli üretim ile zaman tasarrufu sağlayarak talaşlı imalat tekniklerinin kısıtlarını aşmayı sağlamaktadır. Özellikle üretilecek ürünlerin seri üretim aşamasına geçmeden prototiplendirme aşamalarında yapılacak birçok revizyonun hızlıca yapılabilmesinin sağlanması ve son ürüne kadarki aşamada belki de endüstriyel tasarımın tamamıyla değiştirilebilmesine olanak sağlaması üç boyutlu üretimin tercih edilmesine sebep olmaktadır. Teknolojinin inanılmaz derecede hızla geliştiği Endüstri 4.0 çağında üç boyutlu eklemeli üretim teknikleri son birkaç yıl içerisinde maliyetlerinin düşmesinden de kaynaklı olarak daha geniş kitlelere ulaşarak kullanım sıklığını artırmıştır. Ayrıca üretim kalitesinin artması ile çıkan ürünler de kullanıcılar tarafından güvenilir bulunmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ile yapılan üretim teknolojisinde öne çıkan üç farklı teknik bulunmaktadır (Url-12). Bu teknikler sırasıyla;

- 1) FDM – Fused Deposition Modeling: FDM tekniği üç boyutlu üretim tekniklerini kullanan tüketiciler tarafından oldukça fazla kullanılmaktadır. FDM tekniğinde üç boyutlu yazıcılar üretilecek üç boyutlu modelin her bir katmanını termoplastik malzemeyi eriterek bir alt katmana yapışmasını sağlayarak üretmektedir. Buradaki malzeme hassasiyeti ısıyla eriyen termoplastik malzemeyi eriten nozzle adı verilen ucun anlık çıkış likit yoğunluğu ile doğru orantılı olmaktadır. Bu sebepten dolayı üç boyutlu üretim teknikleri arasında üretim hızı olarak iyi bir konumda olmasına rağmen üretilen malzemenin birim alandaki çözünürlüğünün düşük olması

açısından daha çok görsel prototipleme ve hobi amaçlı uygulamalarda tercih edilmektedir. Katmanlı üretimdeki düşük çözünürlüğün üretilen malzemedeki en büyük sıkıntısı yüzey kalitesini de düşürmesidir. Özellikle seri üretimi düşünülen prototiplerde bu üretim tekniği çok tercih edilmemektedir(Url-12).

2) SLA – Stereolithography: SLA tekniği Dünyadaki ilk üç boyutlu üretim tekniği olarak 1980 yılında kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Hala popülerliğini koruyan üç boyutlu üretim tekniği profesyonel olarak prototiplerin üretilmesinde ve endüstride sıklıkla kullanılmaktadır. SLA tekniği; likit reçinenin lazer ile kürlenerek sertleştirilmesi ile katman katman modelin üretilmesi temeline dayanmaktadır. SLA teknolojisi lazer ile katılaştırma kullandığından FDM tekniğine göre oldukça yüksek çözünürlükte baskı yapabilmektedir. Günümüz teknolojisi ile SLA yöntemine bakıldığında SLA baskıda kullanılan reçine malzemesi üreticileri, farklı alanlara göre bu malzemeyi özelleştirmektedirler (Url-12). Yüksek çözünürlüklü üretim yapılabilmesinin en önemli avantajı olarak SLA tekniği ile modellenen üç boyutlu modellerin yüzey kalitesi oldukça iyi olmaktadır. Bu sebeple seri üretim öncesi yapılacak prototiplendirme çalışmalarında SLA üç boyutlu üretim tekniği tercih edilmektedir.

3) Selective Laser Sintering (SLS): SLS tekniği özellikle endüstriyel alanda tercih edilen üç boyutlu katmanlı üretim tekniğidir. SLS tekniği endüstride daha çok üç boyutlu metal malzeme üretiminde kullanılmakla beraber polimer tabanlı plastik malzemelerin üretiminde de tercih edilmektedir. SLA tekniğine benzeyen SLS üretim tekniği; çok yüksek güçlü lazerin polimer tozunu kürlenmesi ile modelin katmanlı olarak üretilmesini sağlamaktadır. Her kürlenme işleminden sonra belirlenen kalınlıkta tozun yüzeye serilmesini sağlayan SLS tekniğinde FDM ve SLA tekniğine göre özellikle içi boş olan bölümlerin üretilebilmesi için harici destek atılmasına gerek kalmamaktadır (Url-12). Baskı işlemi bittiğinde sıkıştırılmış tozdan bir blok olarak alınan üç boyutlu üretim yüksek güçlü lazer ile kürlenmeyen bölümleri tozdan arındırıldığında ortaya, üretilen üç boyutlu model çıkmaktadır. Mekanik özellikleri bakımından hem FDM hem de SLA tekniğine göre üstün olan SLS tekniği üretim maliyetleri açısından oldukça pahalı bir yöntemdir. Bu sebeple

prototip amaçlı üç boyutlu modellerde SLA tekniğine göre daha az tercih edilmektedir.

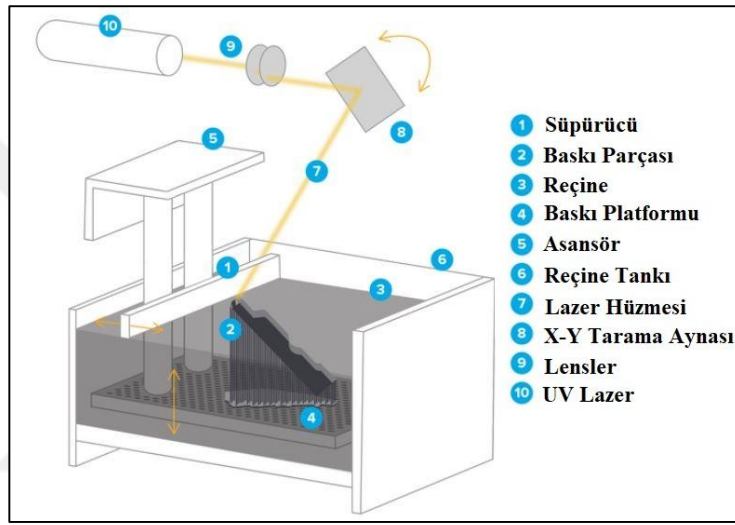
Üç boyutlu üretim tekniklerinin detaylı kıyaslaması Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Çizelgede yapılan puanlama 5 üzerinden değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1: Üç boyutlu üretim teknikleri detaylı karşılaştırılması (Url-12).

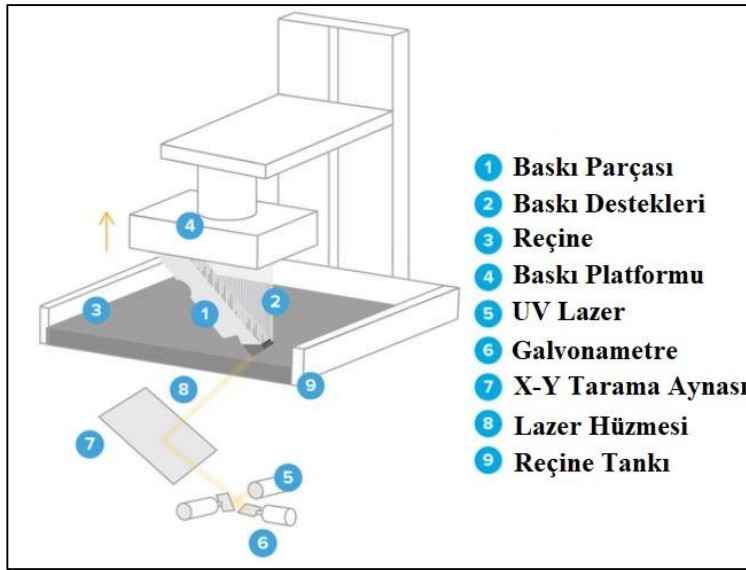
Üç Boyutlu Üretim Teknikleri	FDM	SLA	SLS
Çözünürlük	2	5	4
Doğruluk	4	5	5
Yüzey Kalitesi	2	5	4
Üretim Hızı	4	4	5
Dizayn Kompleksliği	3	4	5
Kullanım Kolaylığı	5	5	4
Ortalama	3.33	4.67	4.50

Çizelgeye göre üç boyutlu tekniklerin avantaj ve dezavantajları değerlendirildiğinde en yüksek ortalamaya sahip olan teknik açısından AATS nin yüksek mekanik dayanım gerektirmeyen tüm parçalarının prototiplendirilmesinde SLA tekniği ile üç boyutlu üretimi tercih edilmiştir. AATS ana gövdesinin üretiminde fotopolimerik reçineyi lazer ile kürleyerek sertleştiren FORMLABS marka üç boyutlu SLA yazıcı kullanılmıştır. SLA tekniği ile üretimde iki farklı metod kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla yukarı yönlü SLA baskı, aşağı yönlü SLA baskıdır. Yukarı yönlü SLA baskı; içi fotopolimerik reçine ile dolu büyük bir tankın ve bu tankın içinde hareket eden baskı platformunun üzerine lazer ile kürlenme yapılarak üretilecek malzemenin sıvı içerisinde üretilmesidir. Bu teknik özellikle endüstride tercih edilen SLA yöntemidir. Büyük hacimlerde üretimin gerçekleştirildiği bu yöntemde üretim sırasında model üzerindeki kuvvetler sıvının sağlamış olduğu uzay sayesinde oldukça azalmaktadır. Bu sebeple üretilen model yüksek detaya sahip ve doğruluğu fazla olmaktadır. Fakat tekniğin gerçekleştirilebilmesi için tasarlanan cihazın büyüklüğü ve kurulum gereklilikleri yukarı yönlü SLA tekniğinin maliyetlerini oldukça artırmaktadır (Url-13). Şekil 5.1’de yukarı yönlü SLA tekniğinin şeması gösterilmiştir. Aşağı yönlü SLA baskı; içi belirli bir miktar fotopolimerik reçine dolu üretim tankının içerisine baskı platformunun daldırılarak üretilecek olan modelin bu platforma yerçekimine göre ters bir şekilde kürlenerek katman katman üretilmesidir. Baskı tamamlandığında üretilen model baskı platformuna yerçekimine göre ters bir şekilde tutunmuş olmaktadır. Daha sonra baskı platformu kullanıcı tarafından ters

çevirilerek üretilen model platformdan bir spatula yardımı ile sökülür. Yer çekimine ters bir şekilde yapılan üretim, üretilen malzemedeki içi boş olan bölümlere baskı desteği atılması gerekmektedir. Ayrıca tüm model baskı platformuna ters olarak oluşturulduğundan baskı sırasında modelin kopmaması için gerekli noktalardan baskı destekleri ile baskının kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Yukarı yönlü SLA tekniğine göre daha küçük bir tank içerisinde yapılabilecek olan üç boyutlu üretim baskı yapılacak katman sayısı kadar reçinenin kullanılması gerektiğinden baskı maliyetini aza indirmektedir. Şekil 5.2’de aşağı yönlü SLA baskı tekniğinin mekanik şeması verilmiştir.



Şekil 5.1: Yukarı yönlü SLA baskı tekniği(Url-13).



Şekil 5.2: Aşağı yönlü SLA baskı tekniği (Url-13).

AATS ana gövdesi ve yalıtım kapakları aşağı yönlü SLA baskı tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Resim 5.1’de gösterilen AATS ana gövdesi baskısı resimde de görüldüğü üzere aşağı yönlü SLA tekniği ile baskı yapan üç boyutlu yazıcı ile üretilmiştir.

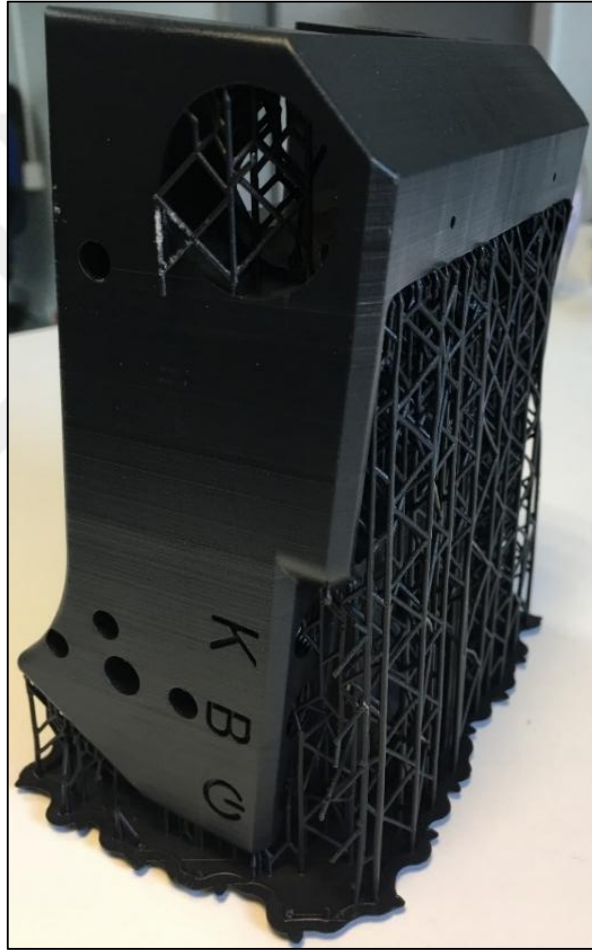


Resim 5.1: AATS ana gövdesinin üç boyutlu yazıcı ile ürettirilmesi.

Üç boyutlu üretim sırasında fotopolimerik reçinenin sıcaklığı cihaz tarafından 32°C dereceye kadar çıkarılmaktadır. Baskı yapılan siyah fotopolimerik reçine FORMLABS firmasının geliştirdiği bir üründür. Baskı sırasındaki malzemenin ve laser kürlenmesi sonucu oluşan malzemenin mekanik dayanım ve sıcaklık etkileşim özellikleri EK 10’da verilmiştir.

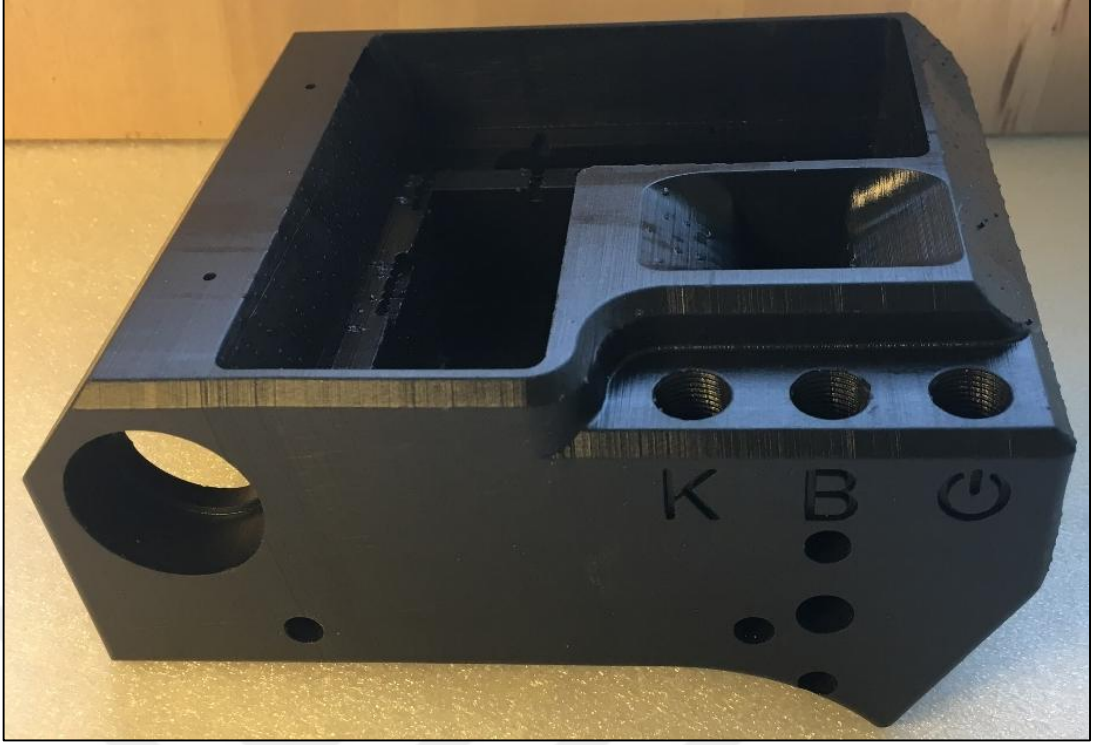
AATS ana gövde baskısından önce tezin üçüncü bölümünde detaylıca gelişimi anlatılan kilitli turnike sistemi beşinci versiyonunun SIEMENS NX programı içerisinde .stl formatında farklı kaydedilmesi gerekmektedir. .stl formatı uluslararası üç boyutlu, neredeyse tüm yazıcıların kullandığı, bir katmanlı üretim formatıdır. Bu format program içerisinde katı cisim olarak modellenen tüm noktaların birbirlerine göre uzaysal yakınlıklarına göre vektörler oluşturmaktadır. Vektörlerin birleşimi ile ortaya bir veri bulut dosyası çıkmaktadır. Bu şekilde üç boyutlu yazıcıların üreticileri

tarafından tasarlanmış katmanlı üretim yazılımları bu formattaki dosyayı kendi üç boyutlu yazıcılarının ölçüm hassasiyetine göre katmanlandırmaktadır. İngilizce karşılığı “Slicer” olan bu programlar baskıyı yapacak cihazın baskı kalitesine göre .stl formatındaki modeli katmanlara ayırmaktadır. Ayrılan her bir katman için laserin hüzmelerini göndereceği noktaların koordinatları da yazılımın arka planında dönen çözümleyici fonksiyonlar ile oluşturulmaktadır. AATS nin üç boyutlu üretilen tüm parçaları aşağı yönlü SLA tekniği ile 50 um katman kalınlığı seçilerek ürettirilmiştir. Resim 5.2’de baskı platformundan sökülen ana gövdenin masa üzerindeki görüntüsü gösterilmiştir.



Resim 5.2: AATS ana gövdesinin üç boyutlu yazıcı destekleri ile görüntüsü.

Üretilen ana gövde resimde de görüldüğü üzere baskı destekleri ile düz bir zemin üzerinde durabilmektedir. Baskı destekleri ile üretilmiş olan AATS ana gövdesinin; baskı destekleri koparılarak talaşlı imalat parçaları başta olmak üzere tüm yalıtım kapaklarının, sistem bataryası, elektronik kontrol devresi ve kullanıcı düğmelerinin montajının yapılabilecek hala getirildiği yalın gövde Resim 5.3’te gösterilmiştir.

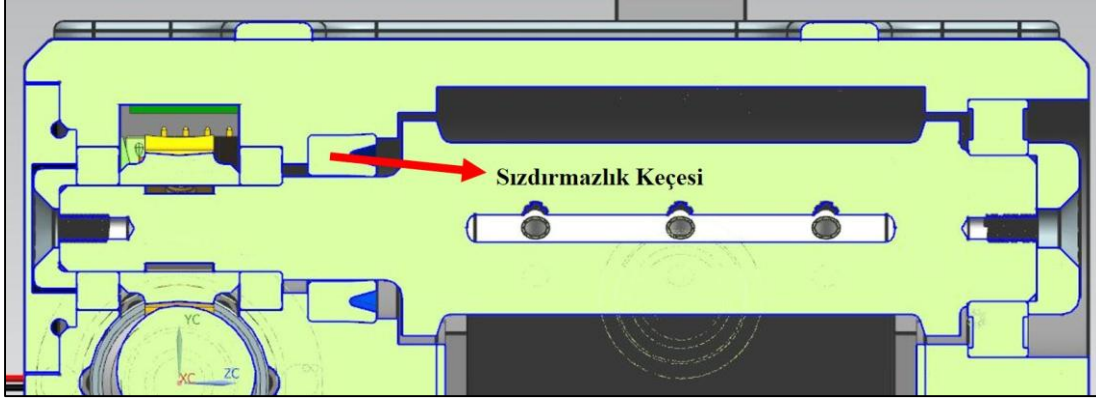


Resim 5.3: AATS ana gövdesi.

5.2 Talaşlı İmalat Parçaların Sisteme Entegrasyonu

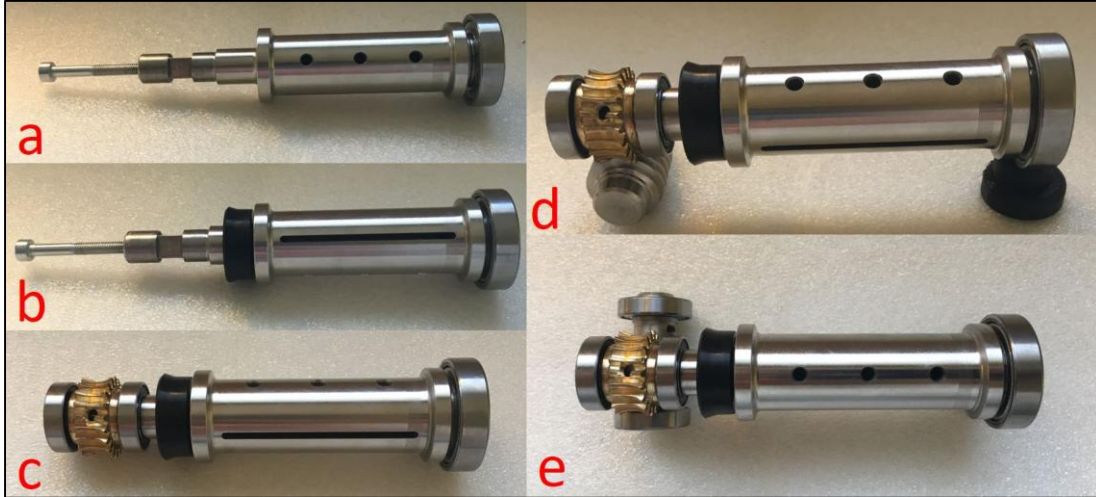
AATS'nin turnike işlemini gerçekleştiren mekanik dayanımı yüksek olması gereken kasnak, pinyon çarkı, sonsuz vida yapıları talaşlı imalat ile üretilmiştir. Üretim bu parçalara ait EK 11'de verilen teknik resimlerin talaşlı imalat yapan tezgahlara sahip bir firmaya tezin desteklendiği projenin bütçesi kullanılarak yaptırılmıştır. Resim 5.4.a'da paslanmaz çelikten üretilmiş olan kasnağın sağ tarafının sabitlendiği noktadan rulmanı takılmış olarak görseli gösterilmektedir. Sol tarafındaki cıvata yardımı ile sol taraftan baskı kapağın üzerine, sol taraftan takılacak tüm parçalar takıldıktan sonra sabitlenecektir. Resim 5.4.b'de kasnağın turnike kemerinin takılacağı kısım ile AATS ana gövdesinin mekanizmasının çalışacağı iç kısmının sıvı yalıtımını sağlayacak sızdırmazlık keçesinin takılmış görüntüsü verilmiştir. Geliştirilen sistemin tamamı su geçirmeyen bir sistem olarak tasarlandığından dış ortam ile iç ortamın ayrıldığı noktalarda esnek katı cisimler kullanılmaktadır. Kullanılan sızdırmazlık keçesi hidrolik sistemlerde kullanılmak için tasarlanmıştır. Alt ve üst yüzeyinde bulunan oyuklara hidrolik yağın baskı yapması ile dış çeperlerini genişleten esnek yapıya sahip olan keçe geliştirilen sistemde bir yuvanın içerisine yerleştirilmiştir.

Üç boyutlu olarak üretilen AATS ana gövdesi siyah renkli ve içini göstermediği için keçenin uzaysal konumu Şekil 5.3'te tasarlanan model üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Sızdırmazlık keçesi yerleşimi.

Resim 5.4.c'de kasnak üzerine pinyon çarkı ve pinyon çarkı yataklama rulmanlarının eklenmiş görüntüsü verilmiştir. Resim 5.4.d'de mekanik parçaları tamamlanan kasnak hattının altına gelecek şekilde sonsuz vidanın yerleştirilmiş görüntüsü gösterilmektedir. Resim 5.4.e'de ise sonsuz vidanın yataklama rulmanları takılarak resmedilmiştir. Resim 5.5'te mekanik bileşenleri takılan sonsuz dişli mekanizmasının tezin üçüncü bölümünde verilen Şekil 3.6 – AATS sonsuz dişli mekanizması rulman yataklaması tasarımı gerçekleştirilmiştir.

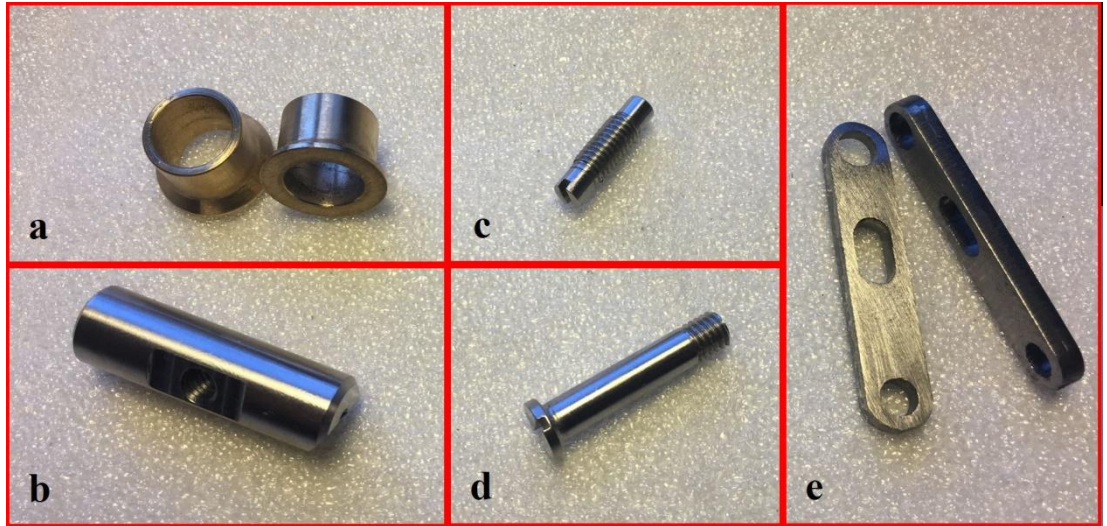


Resim 5.4: AATS talaşlı imalat parçalarının montajı; (a)kasnak-kasnak rulmanı, (b)sızdırmazlık keçesi, (c)pinyon çarkı yataklama rulmanı, (d)sonsuz vida, (e)sonsuz vida yataklama rulmanı montajları.



Resim 5.5: AATS sonsuz dişli mekanizmasının montajı.

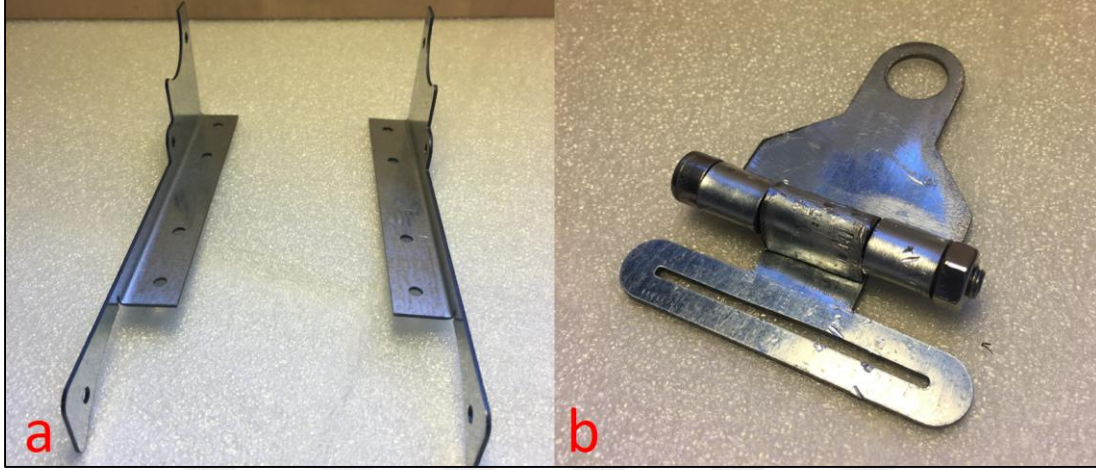
AATS turnike kemeri kilit mekanizmasının EK 12’de teknik resimleri verilen burç, kilit dili, mafsal pin, piston civata yapıları sırasıyla Resim 5.6.a, 5.6.b, 5.6.c, 5.6.d’de verilmiştir. Pirinç alaşımından üretilen burç hariç diğer malzemeler paslanmaz çelikten üretilmiştir. Resim 5.6.e’de gösterilen kilit kolu yapısı ise 4mm kalınlığındaki sac plakadan lazer ile kesilerek üretilmiştir. Turnike kilit mekanizması AATS ana gövdesi olmadan birleştirilemediği için kilit sisteminin toplanmış görüntüsü verilememektedir. Fakat bu bölümün devamında bütünüyle toplanmış olan AATS’ye ait görsellerde dışarı çıkmış olan kilit kolu ve kilit kolu birleştirme pimi kısımları gösterilmiştir.



Resim 5.6: AATS kilit mekanizması talaşlı imalat parçaları.

AATS’nin turnike kemerinin Şekil 3.27’de gösterilen yapıda durabilmesi için iki noktadan AATS ana gövdesi kemer kanalına konumlandırılması gerekmektedir. Bu

noktalar kemer gerildiği sırada yük altında kalmaktadır. Bu sebeple kemer kanalının güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda Resim 5.7.a'da gösterilen destek sacları 1mm kalınlığındaki sac plakadan lazer ile kestirilerek abkant makinesinde bükülmüştür.



Resim 5.7: AATS sac büküm parçaları.

Resim 5.7.b'de gösterilen turnike kemeri tokası da 1mm kalınlığındaki sac plakadan lazer ile kesilerek elde edilmiş ve uçları bükülerek menteşe yapısı kazandırılmıştır. Sac kesim parçalarının AATS ana gövdesindeki konumlarına yerleştirilmiş görüntüleri Resim 5.8'de gösterilmiştir.



Resim 5.8: AATS ana gövdesine sac büküm parçalarının montajı.

Resimde gösterilen tokaya tezin üçüncü bölümünde anlatılan emniyet kemeri turnike işlemini gerçekleştirilmesi amacı ile takılmıştır. Kemerin bağlantısı ile hareket eden

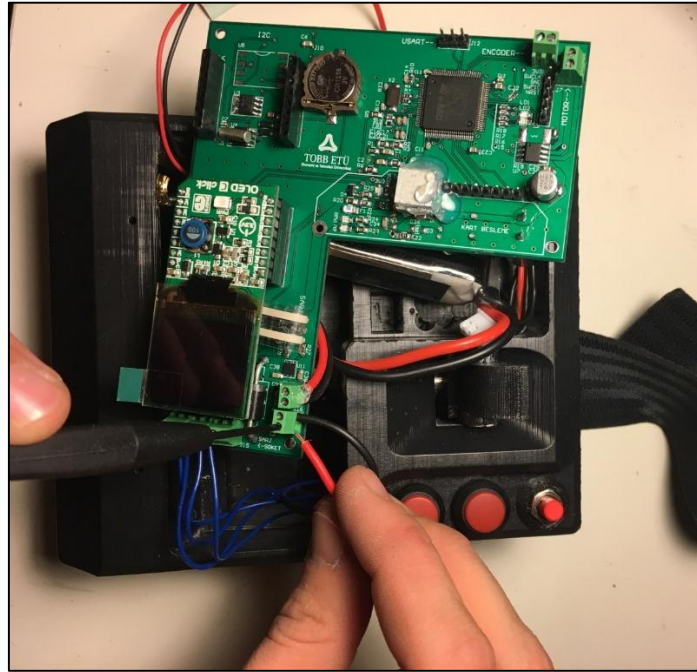
kemer tokası AATS ana gövdesindeki yuvasına takıldığında kilit dili arkasında bulunan yayın ittirmesi ile toka üzerinde bulunan yuvaya oturarak turnike kemerinin ekstremiteye kilitlenmesini sağlamaktadır. Turnike kemer tokasının AATS ana gövdesine takılma aşamaları Resim 5.9’da gösterilmiştir.



Resim 5.9: AATS kemer kilit sistemi montajı.

5.3 Ana Kontrol Devresinin Sisteme Entegrasyonu

AATS sistem entegrasyonunun son aşaması AATS ana kontrol devresinin ana gövde içerisine yerleştirilmesidir. Resim 5.10’da ana kontrol devresi yerleştirilmiş olan AATS ana gövdesi Şekil 3.25’te gösterilen tasarımın gerçekleştirilmesidir. Resim 5.11’de çalışan AATS gösterilmiştir.



Resim 5.10: AATS ana kontrol devresi sistem entegrasyonu.



Resim 5.11: AATS.

5.4 Sistem Özellikleri

AATS'nin sahip olduğu sistem özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. AATS'nin üretilmesinde üç boyutlu katmanlı üretim parçaları, talaşlı imalat parçaları, sac kesim parçaları ve elektronik malzemeler kullanılmıştır. Sistem tasarımı için yapılan harcamalara ait maliyet tablosu EK 13'te verilmiştir.

Çizelge 5.2: AATS sistem özellikleri tablosu.

Sistem Özellikleri	
Ağırlık	1606 gr
Boyutlar	75 x 125 x 155 mm
Kullanıcı Bilgilendirme Ekranı	Var
Kullanıcı Arayüz Düğmeleri	Var
Sistem Çalışma Gerilimi	6 V – 8.4 V
Sistem Kablosuz Haberleşme	Bluetooth
Sistem Konum Hesaplama	Var
Acil Kilit Açma	Var

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Harp alanındaki ekstremite yaralanmalarında, mayın ya da ateşli patlamalarda ortaya çıkabilecek uzuv kayıplarında sıcak bölgede yer alan askerlerin ya da kentsel bölgede yaşanan terör olaylarında ön hatta bulunan kolluk kuvvetlerinin yaralanmanın olduğu uzuvda kan akışını durdurabilmesi için yaralanmanın olduğu ekstremitesine turnike uygulaması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda Türk Silahlı Kuvvetlerinin ve bağlı olduğu uluslararası NATO'ya üye tüm silahlı kuvvetlerde harp alanında turnike işlemini yerine getirmek için CAT, SOFTT turnikeleri kullanılmaktadır. Bu turnikeler herhangi elektronik altyapı içermeyen basit bir kemerin yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline uygulanması ve daha sonra kemerin üzerinde bulunan bocurgat yardımı ile kemerin ekstremitayı sararak ekstremiteye basınç uygulaması ve bu neticede kan akışının durdurulması temel ilkesine dayanmaktadır. Mevcut turnikeler ile askerler üzerinde; ekstremiteye turnike işlemi uygulanması üzerine yapılan çalışmalarda askerlerin turnike uygulaması hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları, doğru turnike uygulanma oranının düşük olması, kişiden kişiye değişen özellikle alt ekstremitte çevresinin büyüklüğü ve bu büyüklük için mevcut turnikelerin yetersiz kalması sonucu turnikenin bilinen uygulamasının askeri alanda yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu istatistiklere bakıldığında; askeri yaralanmalarda ekstremitte yaralanmasına bağlı kan kaybı oranlarının yüksek oluşu harp alanlarında silahlı kuvvetlerin ön hatta mücadele eden personeli için mutlaka yanında turnike bulundurması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Mevcut motivasyon ile başlanılan tez çalışması sonucunda harp alanında kullanılacak temel amacı ekstremitedeki kan akışını durdurmak olan Askeri Amaçlı Turnike Sistemi (AATS) geliştirilmiştir.

AATS; ekstremitedeki kan akışını durdurmasının yanısıra, turnike uygulama ve uygulanma süresini, turnikenin uygulandığı konumu, yaralıya ait kan grubunu bir karargaha ya da merkeze gönderebilecek altyapıya sahip olan, turnike uygulama işlemini sadece bir düğmeye basılarak gerçekleştirebilen akıllı bir turnikedir.

Ayrıca AATS hem üst hem de alt ekstremiteye yaralanın kendisi tarafından uygulanabilen gelişmiş bir sistemdir. Kullanıcıya ait kan grubu verisi merkeze iletilen mesajlar içerisinde gönderilebilmektedir. Mevcut üretilen sistemde bunun bilgisayar gerektirmeden cihaz üzerinden turnikenin zimmetlendiği askerin kan grubunu manuel olarak girebilecek bir arayüz tasarlanmamıştır fakat bu arayüzün bağlanmasına engel teşkil edebilecek bir durum bulunmamaktadır. Tezin gelecek çalışmalarında kolay bir şekilde kan grubunun bilgisayara ihtiyaç duyulmadan girilebileceği bir arayüz de geliştirilecektir.

Yapılan tez çalışmaları bütünüyle ele alındığında sistem geliştirilirken ciddi bir bilgi birikiminin kazanılması gerekmiştir. Bu sebep ile sistemin endüstriyel tasarımı 5 kez, mekanik tasarımı 2 kez, elektronik tasarımı 2 kez revize edilmiştir. Tezin amacı olan yukarıda bahsedilen özelliklerin hepsini yerine getirebilen ve çalışan bir prototip tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Turnike işleminin gerçekleştirilmesi hususunda yapılan çalışmalarda, tezin desteklendiği projenin ikinci ayağı olan Acil Yardım Akıllı Turnike Sistemi (AYATS)'nin edindiği bilgi birikiminin üzerine konularak ilerlenmiştir. AYATS; turnike işlemini hava ile şişebilen bir manşon ile gerçekleştirmektedir. AYATS ile yapılan maket denemelerinde literatüre göre uygulanması gereken basınç miktarında makete basınç uygulandığında sıvı akışının durdurulmadığı gözlenmiştir. Bunun üzerine TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalında başlanılan alt ekstremitte fantomu çalışmaları sonucu balistik jelatin ile gerçekleştirilen bacak fantomu üzerinde yapılan turnike uygulaması sonucu peristaltik pompa ile akışı sağlanan sıvının durdurulmadığı gözlenmiştir. Sıvı akışının her iki model ile de durmamasının sebebi kan akışının sağlandığı damarın silikon bir hortum ile modellenmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Beytar, 2017). Bu sebep ile AATS'nin turnike uygulamasının istatistikî olarak doğru sonuçlar ile kan akışının durduğunun ispat edilebilmesi, en az 30 kişi üzerinde denenmesi ile ortaya çıkacaktır. Bunun yapılabilmesi için tıbbi cihaz olarak sınıflandırılan AATS'nin hasta deneyleri için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumundan Tıbbi Cihaz Etik Kurul Onayı alınması gerekmektedir. Tezin gelecek çalışmaları kapasamında tüm parametreleri belirlenmiş olan AATS'nin hasta deneyleri için Tıbbi Cihaz Etik Kurul Onayı alınacaktır. Fakat AATS'nin turnike işlemini uygulayabilmesi için gerekli olan kuvvet sensörü geri bildirim parametrelerinin kalibre edilebilmesi açısından, sistem ar-ge çalışmaları

kapsamında sistem tasarımcısı üzerinde sistem test edilmiştir. Sistem tasarımcısının alt ve üst ekstremitesi üzerinde denenen AATS ile tasarımcının hem el bileğinden hem de ayak bileğinden nabız ölçümü ile kan akışının durduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilen sistem tıbbi cihaz etik kurul izni alındıktan sonra farklı çaplardaki alt ve üst ekstremitelere sahip kişiler üzerinde test edilecek ve sistemin doğruluğu hesaplanacaktır. Yapılan çalışmanın öncelikli olarak yaralanmalara bağlı can kayıplarının azaltılmasını sağlayacağı ve insan hayatının kurtulmasında büyük rol oynayacağı, ayrıca uluslararası bilim literatürüne de katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.





KAYNAKLAR

- Agarwal, N., Reddy, S. R. N.,** (2015). Design & development of daughter board for Raspberry Pi to support Bluetooth communication using UART, In Computing, Communication & Automation (ICCCA), 2015 International Conference on (pp. 949-954). IEEE.
- Akkurt, Mustafa, a,** *Düz ve Helisel Silindirik Dişli Çark Mekanizmaları*, Makine Elemanları: Cilt.2 Sf. 99-257, İstanbul, Birsen Yayınevi, (2012).
- Akkurt, Mustafa, b,** *Yuvarlanmalı Yataklar-Rulmanlar*, Makine Elemanları: Cilt.1 Sf. 702-749, İstanbul, Birsen Yayınevi, (2012).
- Ali, Liakot, et al.,** (2004). Design of a micro-UART for SoC application, Computers & Electrical Engineering 30.4: 257-268
- Barr, Michael.,** (2001). Pulse width modulation., Embedded Systems Programming 14.10: 103-104.
- Beytar, Faruk,** Acil yardım akıllı turnike sistemi(yüksek lisans tezi). Adres: <http://etu.edu.tr/>
- David Pienkowski, Lexington, KY, Lee Gentry Barnett,** (2010). Electromechanical Tourniquet For Battlefield Application, United States Patent, No: US 2010/0234877 A1 Tarih: 16.09.2010
- Gavan, J.A.,** (1950). The consistency of anthropometric measurements. American journal of physical anthropology, 8(4), 417-426.
- King, Roger B., vd.,** (2006). Evaluation of possible tourniquet systems for use in the Canadian Forces, Journal of Trauma and Acute Care Surgery 60.5 1061-1071.
- Klenerman, L.,** (1962). The tourniquet in surgery, Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume 44.4 937-943.
- Kragh Jr, John F., David G. Baer, and Thomas J. Walters.,** (2007). Extended (16-hour) tourniquet application after combat wounds: a case report and review of the current literature. Journal of orthopaedic trauma 21.4 274-278.
- Kragh Jr, John F., vd.,** (2008). Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma, Journal of Trauma and Acute Care Surgery 64.2 S38-S50.
- Kragh Jr, John F., vd.,** (2011). The military emergency tourniquet program's lessons learned with devices and designs, Military medicine 176.10 1144-1152.
- Kumar, N. R., Bhuvana, C., & Anushya, S.,** (2017). Comparison of ZigBee and Bluetooth wireless technologies-survey, In Information Communication

and Embedded Systems (ICICES), 2017 International Conference on (pp. 1-4). IEEE.

Leens, Frédéric., (2009). An introduction to I 2 C and SPI protocols, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine 12.1: 8-13.

Lin Lying, Qi Yafeng, (2015). Electric Automatic Tourniquet System, Republic of China Patent, No: CN105286943A Tarih: 09.11.2015

Mahat, Nennie Farina., (2012). Design of a 9-bit UART module based on Verilog HDL, Semiconductor Electronics (ICSE), 2012 10th IEEE International Conference on. IEEE.

McEwen, James A., and Kevin Inkpen, (2004). Surgical tourniquet technology adapted for military and prehospital use, BRITISH COLUMBIA UNIV VANCOUVER, CANADA.

Noam Gavriely, (2008). Tourniquet Timer, United States Patent, No: US 2008/0177159 A1 Tarih: 24.07.2008

Poorani, M., and R. Kurunjimalar, (2016). Design implementation of UART and SPI in single FGPA." Intelligent Systems and Control (ISCO), 2016 10th International Conference on. IEEE.

Sapega, ALEXANDER A., vd, (1985). Optimizing tourniquet application and release times in extremity surgery. A biochemical and ultrastructural study, The Journal of Bone & Joint Surgery 67.2 303-314.

Theodore J. W., Joop F. H., Anil M., Melanie J. T.(2005). Tourniquet And Method Of Using Same, United States Patent, No: US 2005/0267518A1 Tarih: 01.12.2005

Unlu, Aytekin, vd, (2014). An evaluation of combat application tourniquets on training military personnel: changes in application times and success rates in three successive phases, Journal of the Royal Army Medical Corps jramc-2014.

Vishakh, B. V., Khwaja, M. K., & Vidhyapathi, C. M., (2015). Comprehensive automated device for hotel management using I2C protocol, In Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), IEEE International Conference on (pp. 1-4). IEEE.

Url-1 <<https://www.combattourniquet.com>>,
alındığı tarih: 18.11.2017.

Url-2 <<https://www.ratchetingbuckles.com/ratchet-buckles-ladder-straps/ratcheting-medical-tourniquet-tactical/>>,
alındığı tarih: 18.11.2017.

Url-3 <https://combatmedicalsyste.ms.com/shop/prod_march/prod_massivehemorrhage/prod_massivehem_croc/>,
alındığı tarih: 18.11.2017.

Url-4 <<http://www.specialmedics.com/en/products/massive-hemorrhage/delfi-emergency-medical-tourniquet/>>,
alındığı tarih: 18.11.2017.

- Url-5** <<http://www.lewis-plast.co.uk/first-aid/haemorrhage-control/tourniquets/matr-tourniquet-olive> >, alındığı tarih: 18.11.2017.
- Url-6** <<http://www.rapid-rescue.com.au/softt-w-style-tactical-tourniquet-wide-black/>>, alındığı tarih: 18.11.2017.
- Url-7** <<http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/pull-up-ve-pull-down-direnc-nedir/16930#ad-image-0>>, alındığı tarih: 18.11.2017.
- Url-8** <<https://blog.semaphore-software.com/what-is-gps-and-how-do-gps-apps-work-in-smart-phones.html>>, alındığı tarih: 18.11.2017.
- Url-9** <<https://www.pololu.com/product/2598>>, alındığı tarih: 21.11.2017
- Url-10** <http://www.microchip.com/stellent/groups/sitecomm_sg/documents/training_tutorials/en528065.pdf>, alındığı tarih: 16.11.2017
- Url-11** <<http://www.seeedstudio.com/blog/2017/09/20/fr4-pcb-material/>>, alındığı tarih: 18.11.2017
- Url-12** <<https://formlabs.com/blog/fdm-vs-sla-vs-sls-how-to-choose-the-right-3d-printing-technology/>>, alındığı tarih: 22.11.2017
- Url-13** <<https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>>, alındığı tarih: 22.11.2017



EKLER

EK 1: AATS motor veribelgesi

EK 2: EC TYPE – Kabul sertifikası

EK 3: AATS gömülü yazılım akış diyagramı

EK 4: CENKER sistem özellikleri

EK 5: Uluslararası PCB tasarım göstericileri listesi

EK 6: AATS kuvvet sensörü veribelgesi

EK 7: GPS Click modülü elektronik tasarım şeması

EK 8: OLED Click modülü elektronik tasarım şeması

EK 9: Ürün Ağacı Listesi

EK 10: Siyah reçine özellikler tablosu

EK 11: AATS Sonsuz dişli mekanizması talaşlı imalat parçaları teknik resimleri

EK 12: AATS kemer kilit mekanizması talaşlı imalat parçaları teknik resimleri

EK 13: AATS sistem maliyet tablosu

EK 1

Your configured drive

Part number*: B772719B0FAE Revision 2

Motor - DCX22L EB SL 6V
Planetary gearhead - GPX22HP 231:1

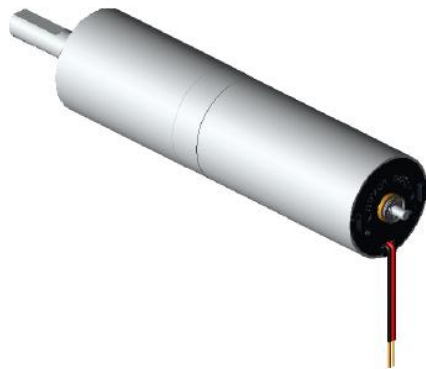
maxon motor

driven by precision

maxon motor worldwide
http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/contact_page
e-shop@maxonmotor.com
www.maxonmotor.com

After an order is placed at the e-shop, the product is manufactured in Switzerland and delivered after 11 working days.
General Terms and Conditions: http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/terms_and_conditions_page

Interactive 3D model
Click on the icon to activate your 3D model



Your configuration can be viewed here:

<http://www.maxonmotor.com/maxon/view/configurator/?ConfigID=B772719B0FAE>

*If the link doesn't work, you can open your configuration with the part number from the catalog.

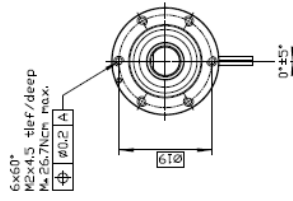
Attachments / CAD files

Please double click with left mouse button on a pushpin symbol to open a file. You could also save a file when you click the symbol with the right mouse button.

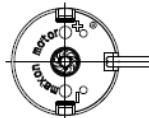
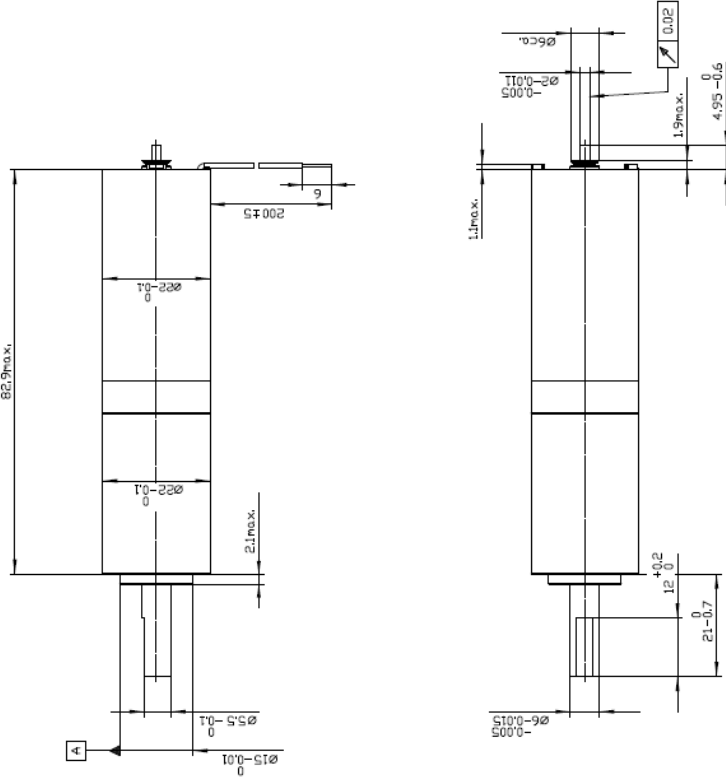
 B772719B0FAE.stp (STP AP 214)

Motor - DCX22L EB SL 6V
Planetary gearhead - GPX22HP 231:1

Drawings are not to scale!



Durchmesser über Schweisstellen 22.2 max.
Diameter at welds 22.2 max.
+ Kabel rot / cable red



Summary of your selected configuration

Motor - DCX22L EB SL 6V
Planetary gearhead - GPX22HP 231:1

Total weight of the drive: 179 g

Motor: DCX22L EB SL 6V

Commutation	Precious metal brushes
Nominal voltage	6 V
Motor bearings	Sintered sleeve bearings
Spark suppression (CLL)	without CLL

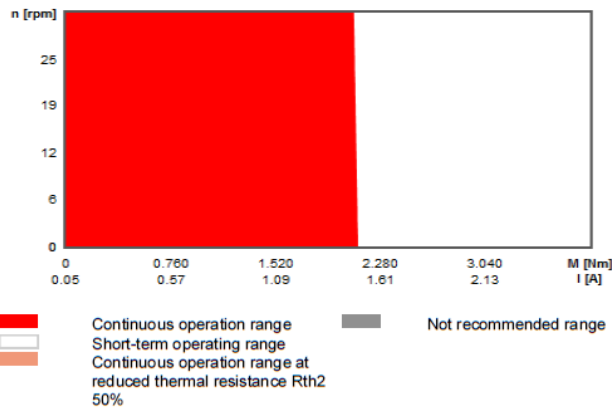
Electrical connection, motor

Electrical connection, motor	Cable
Cable type	Stranded wire cable PVDF, AWG22
Cable length	200 mm

Gearhead GPX22HP 231:1

Gearhead type	High Power
Reduction	231:1
Number of stages	3

Operating range



Motor - DCX22L EB SL 6V



Values at nominal voltage

Nominal voltage	6 V
No load speed	5870 rpm
No load current	48.7 mA
Nominal speed	5380 rpm
Nominal torque (max. continuous torque)	14.1 mNm
Nominal current (max. continuous current)	1.5 A
Stall torque	170 mNm
Stall current	17.5 A
Max. efficiency	89.8 %

Characteristics

Max. output power	10.4 W
Terminal resistance	0.343 Ohm
Terminal inductance	0.0346 mH
Torque constant	9.73 mNm/A
Speed constant	981 rpm/V
Speed/torque gradient	34.6 rpm/mNm
Mechanical time constant	3.28 ms
Rotor inertia	9.06 gcm ²

Thermal data

Thermal resistance housing-ambient	13.6 K/W
Thermal resistance winding-housing	4.57 K/W
Thermal time constant of the winding	21.5 s
Thermal time constant of the motor	646 s
Ambient temperature	-30..85 °C

16.02.2017 / Subject to change without notice / Your configuration: B772719B0FAE / Revision number: 2

Page 4 of 6

dcx.maxonmotor.com

maxon X drives
Configure online.

Max. winding temperature 100 °C

Mechanical data

Max. permissible speed	7160 rpm
Min. axial play	0 mm
Max. axial play	0.2 mm
Radial backlash	0.02
Max. axial load (dynamic)	0.1 N
Max. force for press fits (static)	80 N
Max. radial load	3 N

Further specifications

Number of pole pairs	1
Number of commutator segments	9
Weight	88.8 g
Number of autoclave cycles	0
Typical noise level	52 dBA

Information about motor data: http://www.maxonmotor.com/medias/CMS_Downloads/DIVERSES/12_137_EN.pdf

Planetary gearhead - GPX22HP 231:1



Gearhead data

Reduction	231:1
Absolute reduction	300564/1300
Max. transmittable power (continuous)	15 W
Max. transmittable power (intermittent)	20 W
Number of stages	3
Max. continuous torque	3.3 Nm
Max. intermittent torque	3.8 Nm
Direction of rotation, drive to output	=
Max. efficiency	65 %
Weight	90 g
Average backlash no-load	1.2 degree
Mass inertia	1.191 gcm ²
Gearhead length	38.2 mm

Technical data

Output shaft bearing	Ball bearings
Gearhead type	GPX
Max. radial backlash	0.1 mm
mm from flange	10 mm
Min. axial play	0 mm
Max. axial play	0.2 mm
Max. permissible radial load	150 N
mm from flange	10 mm
Max. axial load (dynamic)	80 N
Max. force for press fits	120 N
Recommended motor speed	10000 rpm
Max. intermittent input speed	12500 rpm
Min. recommended temperature range	-40..100 °C
Number of autoclave cycles	0

Information about gearhead data: http://www.maxonmotor.com/medias/CMS_Downloads/DIVERSES/12_203_EN.pdf



RDW

Vehicle Technology Division

THE NETHERLANDS
(NEDERLAND)



EC TYPE-APPROVAL CERTIFICATE

Communication concerning the:



- ~~type approval⁽⁴⁾~~
- extension of type-approval⁽¹⁾
- ~~refusal of type-approval⁽⁴⁾~~
- ~~withdrawal of type-approval⁽⁴⁾~~

of a type of a vehicle/component/separate technical unit⁽¹⁾ with regard to Directive 77/541/EEC, as last amended by Directive 2005/40/EC.

Type-approval number : e4*77/541*2005/40*36213*01

Reason for extension : Addition of trademarks

SECTION I

- 0.1. Make (trade name of manufacturer) :  
- 0.2. Type and general commercial description(s) : DC-3200, Lap belt
- 0.3. Means of identification of type if marked on the vehicle/component/separate technical unit^{(1) (2)} : Type stated on the label
- 0.3.1. Location of that marking : label stitched at lower outer anchor on long end assembly
- 0.4. Category of vehicle^{(1) (3)} : ---
- 0.5. Name and address of manufacturer : Changzhou Dongchen Motor Vehicle Parts Co., Ltd.
No. 28, Jiulong Industrial Park, Xiaohu Town,
Xinbei District, Changzhou City, Jiangsu Province,
213138, P.R. China



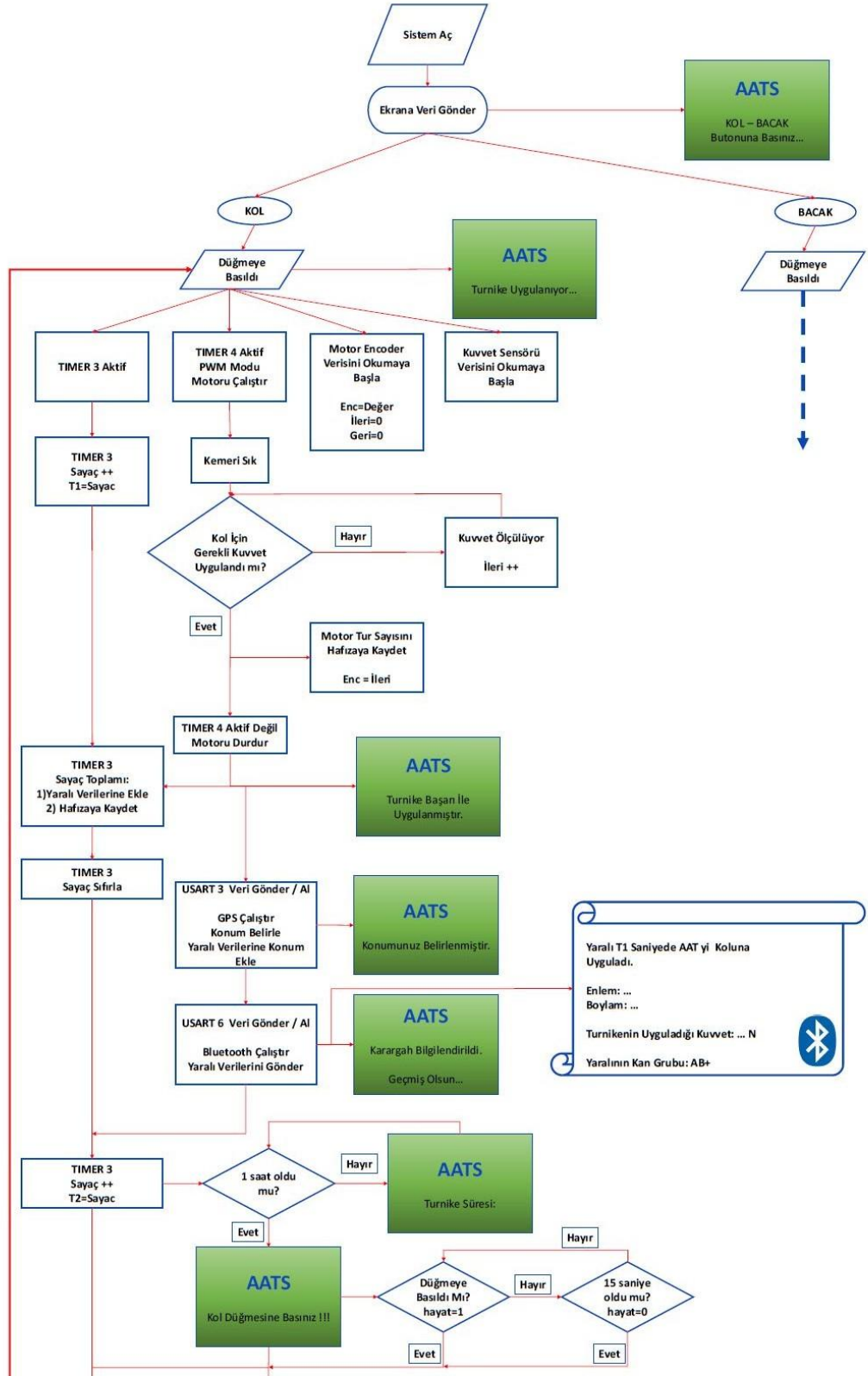
P.O. Box 777
2700 AT Zoetermeer
The Netherlands

Tel. +31 (0)79 345 81 43
Fax +31 (0)79 345 80 43
www.rdw.nl

Vehicle Approval and Information

Seat-belts-component 77.541-2005.40 v3.01

EK 3



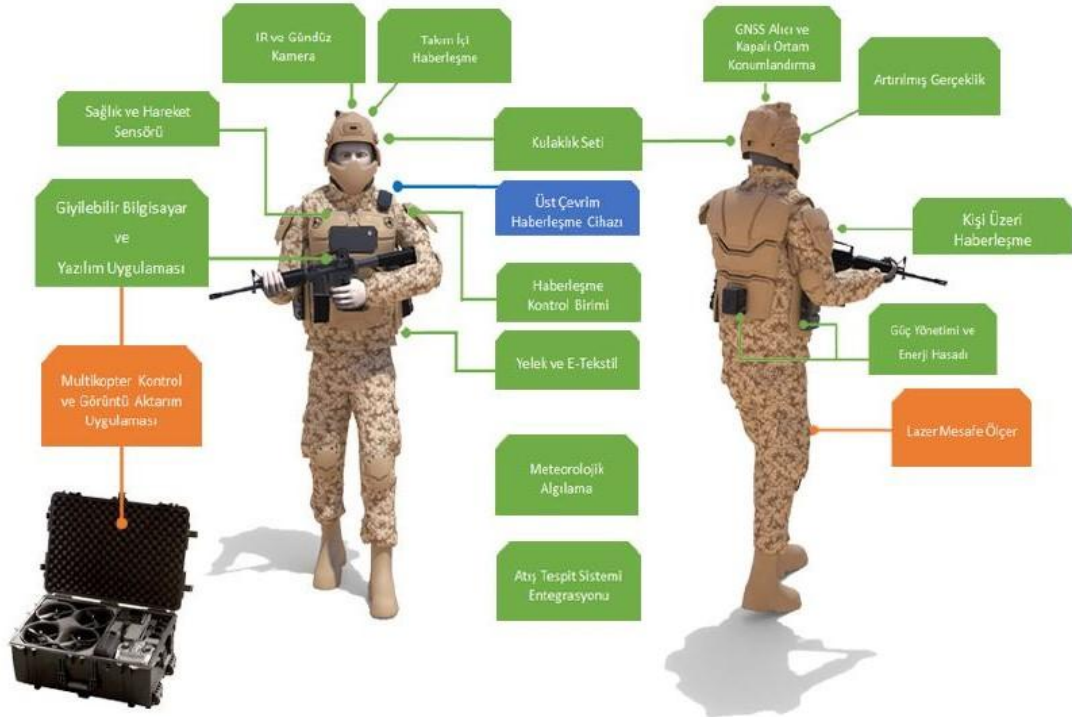
aselsan



CENKER

TAKIM VE TEK-ER KOMUTA KONTROL SİSTEMİ

KOMUTA KONTROL
DURUMSAL FARKINDALIK
BÜTÜNSEL HARP ETKİNLİĞİ



Konfigürasyonlar ve Donanımlar



CENKER

TAKIM VE TEK-ER KOMUTA KONTROL SİSTEMİ

ASELSAN Takım ve Tek Er Komuta Kontrol Sistemi muharebe alanında Tek Er'in

- Komuta Kontrol
- Beka
- Koordinasyon
- Veri Paylaşımı
- Durumsal Farkındalık
- Bütünsel Harp Etkinliği gibi yeteneklerini artıran bir sistemdir.

Sistemin Temel Özellikleri

Haberleşme

- Kişi Üzeri ve Takım İçi Ses ve Veri Haberleşmesi
- Kemik İletimli Kulaklık Seti ile Rahat İletişim İmkânı

Yüksek Teknoloji Entegrasyonu

- Tekstil Üzerinden Veri ve Güç İletimi (E-Tekstil)
- Arttırılmış Gerçeklik Entegrasyonu

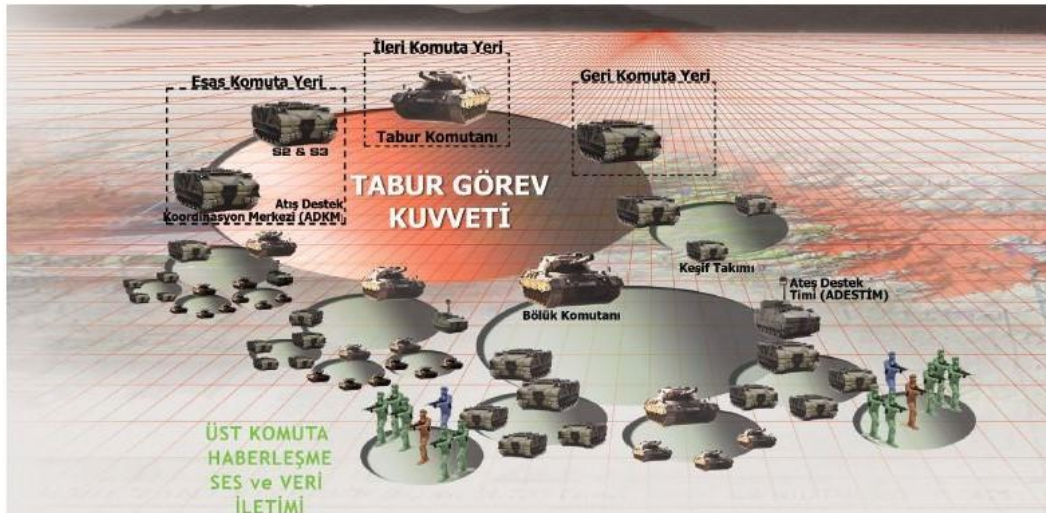
Durumsal Farkındalık

- Sağlık, Pozisyon ve Aktivite Takibi
- Kapalı ve Açık Ortamda Konumlama
- Gündüz ve IR Kamera Görüntüleme
- Lazer Mesafe Ölçer ile Hedef Tespit
- Multikopter ile Keşif Gözetleme ve Haritalama
- Derin Öğrenme ile Ön Tanımlı Nesne Algılama
- Meteorolojik Durum Tespiti

Güç Yönetimi

- Akıllı Güç Yönetimi
- Enerji Hasadı

Elektronik Harbe Karşı Koruma



EK 5

Standard Reference Designators

W R

A	Assembly	K	Relay
AR	Amplifier	L	Coil; Inductor
AT	Attenuator; Isolator	LS	Loud Speaker/Buzzer
B	Blower	M	Motor
BR	Bridge Rectifier	MG	Motor Generator
BT	Battery	MH	Mounting Hole
C	Capacitor	MK	Microphone
CB	Circuit Breaker	MP	Mechanical Part
CN	Capacitor Network	P	Plug Type Connector
CP	Coupler	PS	Power Supply
CR	Silicon Rectifier	Q	Transistor
D	Diode; Thyristor; Varacter	R	Resistor
DC	Directional Coupler	RN	Resistor Network
DP	Diplexer	RT	Thermistor
DL	Delay Line	S	Switch
DS	Display; LED Lamp	T	Transformer
E	Terminal	TB	Terminal Block
F	Fuse	TC	Thermocouple
FB	Ferrite Bead	TP	Test Point
FD	Fiducial	U	Tuner
FL	Filter	U	Integrated Circuit
G	Generator	V	Electron Tube
HW	Hardware	VR	Voltage Regulator
HY	Circulator	W	Cable Transmission
I or ICT	In Circuit Test Point	X	Sub-circuit
J	Jack Connector	Y	Crystal or Oscillator
JP	Configuration Jumper	Z	Ref Des Suppressed



FlexiForce[®] Standard Model A201



The FlexiForce A201 is our standard sensor and meets the requirements of most customers. The A201 is a thin and flexible piezoresistive force sensor that is available off-the-shelf in a variety of lengths for easy proof of concept. These ultra-thin sensors are ideal for non-intrusive force and pressure measurement in a variety of applications. This sensor is designed to use with your own electronics or multimeter.

BENEFITS

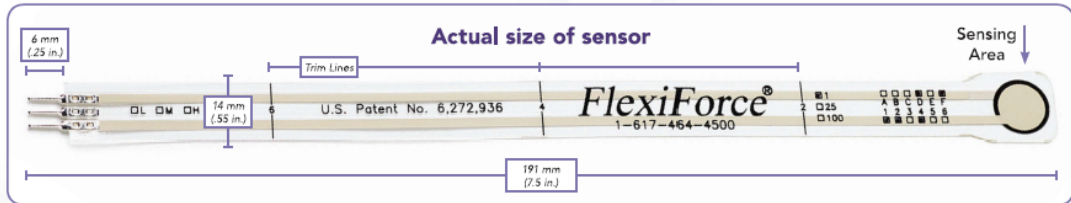
- Thin and flexible
- Easy to use
- Convenient and affordable

PHYSICAL PROPERTIES

Thickness	0.203 mm (0.008 in.)
Length	191 mm (7.5 in.)* (optional trimmed lengths: 152 mm (6 in.), 102 mm (4 in.), 51 mm (2 in.))
Width	14 mm (0.55 in.)
Sensing Area	9.53 mm (0.375 in.) diameter
Connector	3-pin Male Square Pin (center pin is inactive)
Substrate	Polyester (ex: Mylar)
Pin Spacing	2.54 mm (0.1 in.)

✓ ROHS COMPLIANT

* Length does not include pins, please add approximately 6mm (0.25 in.) for pin length for a total length of approximately 197 mm (7.75 in.).

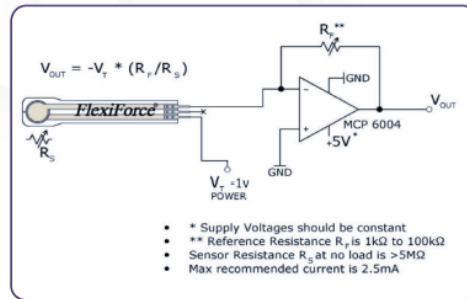


STANDARD FORCE RANGES (as tested with circuit shown below)

- 4.4 N (0 - 1 lb)
- 111 N (0 - 25 lb)
- 445 N (0 - 100 lb)

In order to measure forces above 100 lb (up to 1000 lb), apply a lower drive voltage (-0.5 V, -0.10 V, etc.) and reduce the resistance of the feedback resistor (1kΩ min.) Conversely, the sensitivity can be increased for measurement of lower forces by increasing the drive voltage or resistance of the feedback resistor.

Recommended Circuit



	Typical Performance	Evaluation Conditions
Linearity (Error)	< ±3%	Line drawn from 0 to 50% load
Repeatability	< ±2.5% of full scale	Conditioned sensor, 80% of full force applied
Hysteresis	< 4.5 % of full scale	Conditioned sensor, 80% of full force applied
Drift	< 5% per logarithmic time scale	Constant load of 111 N (25 lb)
Response Time	< 5μsec	Impact load, output recorded on oscilloscope
Operating Temperature	-40°C - 60°C (-40°F - 140°F)	Time required for the sensor to respond to an input force

- Force reading change per degree of temperature change = 0.36%/°C (±0.2%/°F)

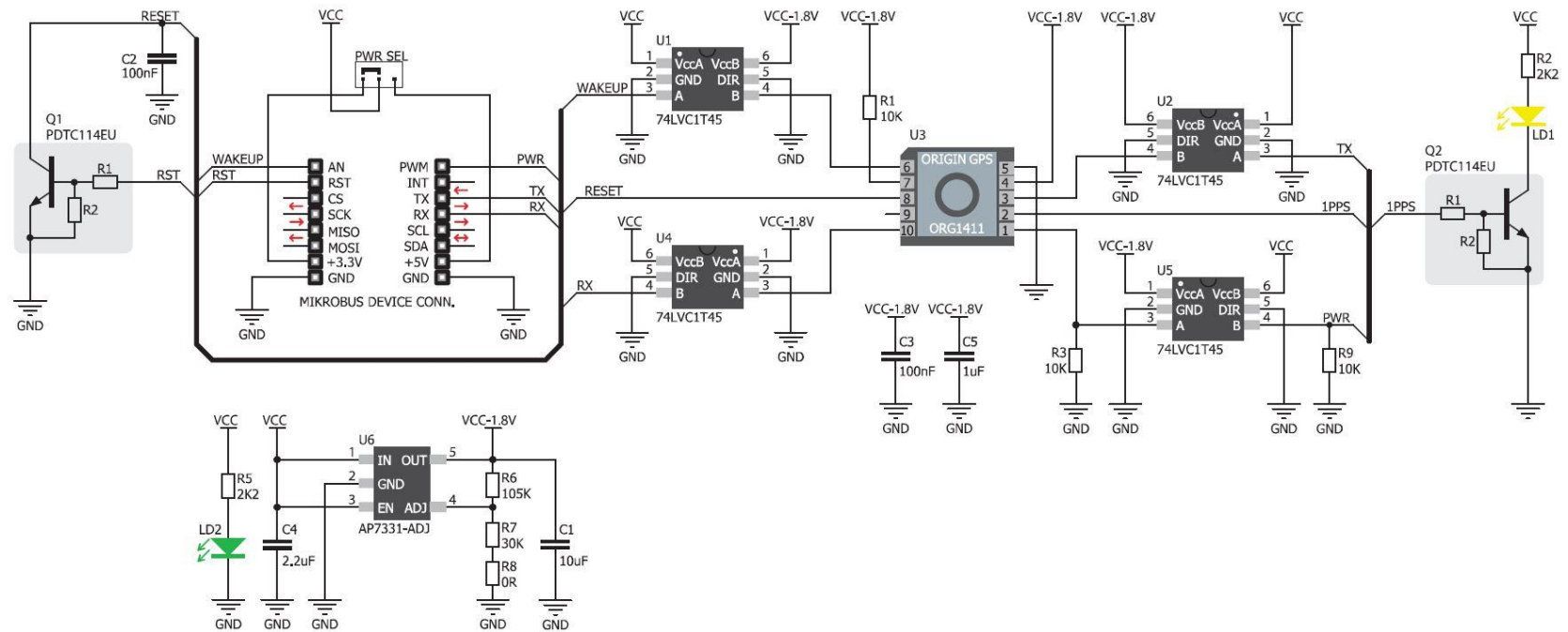


ISO 9001 & 13485

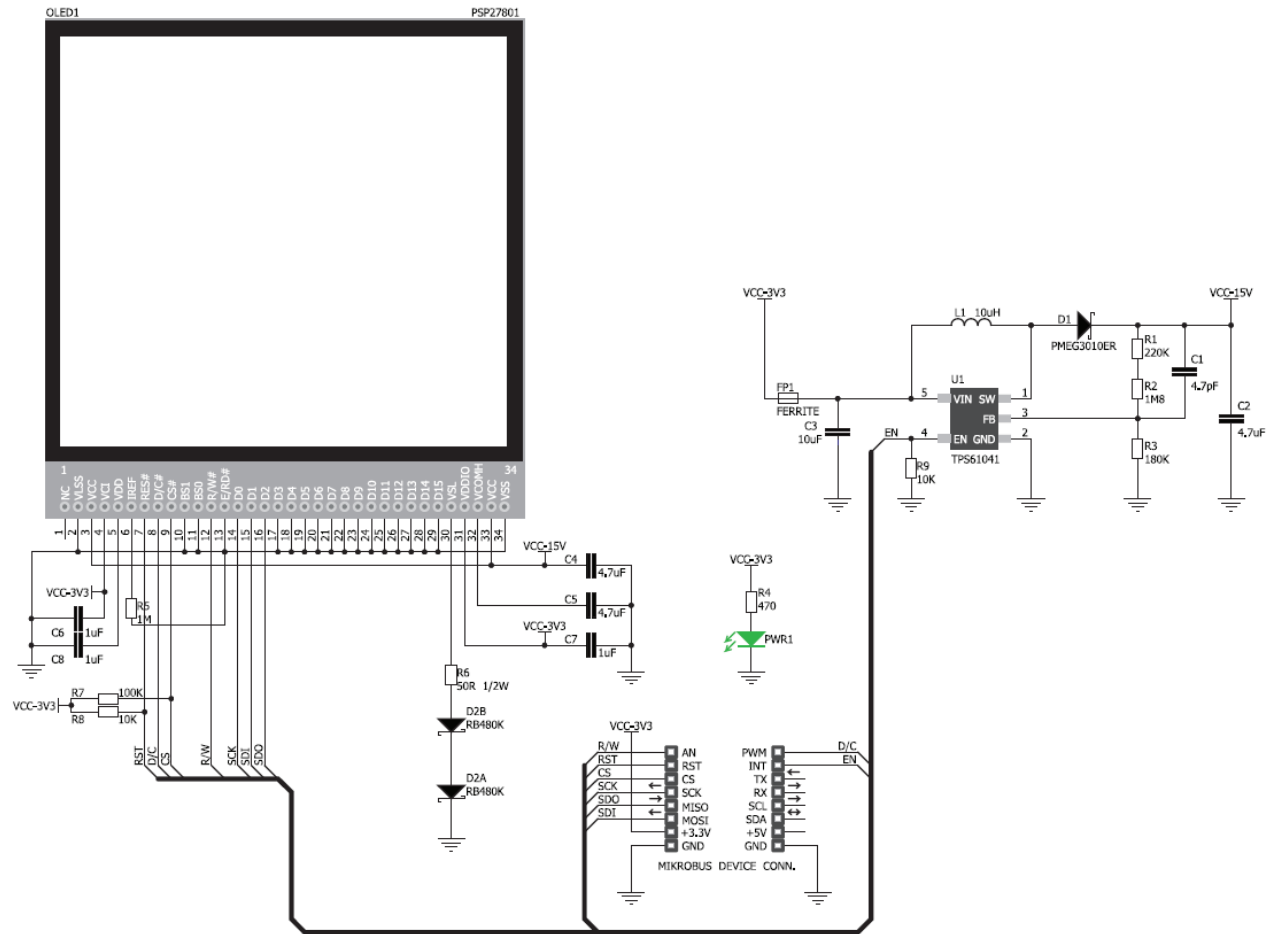
**PURCHASE TODAY ONLINE AT
WWW.TEKSCAN.COM/STORE**

+1.617.464.4283 | 1.800.248.3669 | info@tekscan.com | www.tekscan.com/flexiforce

EK 7



EK 8



EK 9

Supplier Part Number 1	Description	Designator	Footprint	Quantity	Supplier Unit Price 1
1N5822-TPMSCT-ND	DIODE SCHOTTKY 40V 3A DO201AD	D5	DO-201AD	1	0.43
A98333-ND	TERM BLOCK 2POS SIDE ENT 2.54MM	J1, J2, J7, J8, J14, J15, J	2pin 2.54mm	7	0.4692
620-1400-1-ND	IC MOTOR DRIVER PAR 8SOIC	U7	SOIC - 8 - Thermal Vias	1	2.29
36-1056DKR-ND	HOLDER BATTERY COIN .567 DIA SMD	J10	BATTERY HOLDER	1	1.83
		J4	BLE-HC05	1	
CW158-ND	SWITCH PB SPST-NO 0.125A 125V	B1, B2		2	2.96
399-1170-1-ND	CAP CER 0.1UF 50V X7R 0805	C38, C39	CAP0805W	2	0.042
399-1167-1-ND	Polarized Capacitor (Surface Mount)	C1, C2, C6, C34	CAP0805W	4	0.066
445-14453-1-ND	CAP CER 0.022UF 250V X5R 0805	C29	CAP0805W	1	0.16
P1171-ND	CAP ALUM 1000UF 20% 16V RADIAL	C30	CAP RAD D12.5x25	1	0.86
311-1088-1-ND	CAP CER 0.1UF 16V X7R 0603	C9, C10, C11, C12, C13	CAP0603R	12	0.016
P15330CT-ND	CAP ALUM 100UF 20% 16V RADIAL	C32, C33	CAP RAD D5x11	2	0.178
311-1136-1-ND	CAP CER 10000PF 50V X7R 0805	C24, C25, C26, C27	CAP0805W	4	0.026
399-7817-2-ND	CAP CER 10PF 50V COG/NP0 0603	C7	0603	1	
1276-2876-1-ND	CAP CER 10UF 50V X5R 1206	C35	CAP1206W	1	0.44
311-1460-1-ND	CAP CER 10UF 10V X5R 0805	C4, C8, C37	CAP0805W	3	0.098
311-1365-1-ND	CAP CER 1UF 16V X7R 0805	C3, C5	CAP0805W	2	0.059
311-1881-1-ND	CAP CER 2.2UF 16V X7R 0805	C22, C23	CAP0805W	2	0.1
399-14498-1-ND	CAP CER 20PF 16V NP0 0603	C18, C19	CAP0603R	2	0.136
493-2179-1-ND	CAP ALUM 220UF 20% 16V SMD	C28	CAP_Radial_SMD	1	0.28
P1170-ND	CAP ALUM 470UF 20% 16V RADIAL	C31	CAP RAD D10x20	1	0.64
CA-30132.7680M-C:PBFREE-ND	CRYSTAL 32.7680MHZ 18PF T/H	X1	CRYSTAL 32.7680MHZ	1	
F90800018QCT-ND	CRYSTAL 8.0000MHZ 8PF SMD	X2	XTAL SMD	1	0.87
811-2180-ND	CONV DC/DC 10A 12VIN POL SIP	U9	SIP - 5	1	7.4
587-1874-1-ND	FERRITE BEAD 600 OHM 0603	FB1	RES0603W	1	0.07
F2920CT-ND	FUSE BOARD MOUNT 20A 32VDC 1206	F1	FUSE1206W	1	0.694
732-5316-ND	CONN HEADER 3 POS 2.54	J12	HDR 3PIN 2.54	1	0.1
732-5318-ND	CONN HEADER 5 POS 2.54	J11	HDR 5PIN 2.54	1	0.2
732-5321-ND	CONN HEADER 8 POS 2.54	J9	HDR 8PIN 2.54	1	0.3
480-5437-ND	SENSOR PRES 3.3V SMD	U5	HSCMRND030PA2A3	1	27.35
24LC1025T-I/SNCT-ND	IC EEPROM 1MBIT 400KHZ 8SOIC	U3	SOIC - 8	1	2.44
296-20899-1-ND	IC VREF SHUNT 2.048V SOT23	D4	SOT-23-3	1	0.54
497-1242-1-ND	IC REG LINEAR 3.3V 800MA SOT223	U10	SOT-223	1	0.38
754-1505-1-ND	LED BLUE CLEAR 0805 SMD	PWR	LED0805 - BLUE	1	0.39
L61105CT-ND	LED GREEN CLEAR 0805 SMD	6V, LD1	LED0805	2	0.317
160-1427-1-ND	LED RED CLEAR 0805 SMD	3V3, LD2, LD3	LED0805	3	0.168

MCP6001UT-1/OTCT-ND	IC OPAMP GP 1MHZ RRO SOT23-5	U1	SOT 23-5	1	0.19
MCP73213-A6SI/MF-ND	IC LI-ION/LI-POLY CTRLR 10-DFN	U11	DFN-10	1	1.4
CKN10320-ND	SWITCH PUSHBUTTON SPDT 5A 32V	J13		1	11.87
568-6650-1-ND	IC RTC CLK/CALENDAR I2C 8-SOIC	U4	SO 8	1	0.63
1727-3856-1-ND	DIODE SCHOTTKY 20V 1A SOD123F	D1, D2	SOD 123f	2	0.283
785-1103-1-ND	MOSFET P-CH 60V 26A TO252	Q1	D-PAK	1	0.75
CP-043H-ND	CONN PWR JACK 1.7X4MM SOLDER	J17		1	0.55
CP-013-ND	CONN PWR PLUG 1.7X4MM SOLDER	J18		1	0.69
MCT0603-0.0-ZZCT-ND	RES SMD 0 OHM JUMPER 1/8W 0603	R10, R13	RES0603W	2	0.163
311-1.00KCRCT-ND	RES SMD 1K OHM 1% 1/8W 0805	R26	RES0805W	1	0.07
P21000CT-ND	RES SMD 680 OHM 0.5% 1/4W 0805	R24	RES0805W	1	0.18
WSLG-.25CT-ND	RES SMD 250 MOHM 1% 1W 2512	R19	RES2512	1	0.87
P21031CT-ND	RES SMD 1.3K OHM 0.5% 1/4W 0805	R21	RES0805W	1	0.18
MCT0603-100-CFCT-ND	RES SMD 100 OHM 1% 1/8W 0603	R17, R18	RES0603W	2	0.113
311-100CRCT-ND	RES SMD 100 OHM 1% 1/8W 0805	R1, R4, R29	RES0805W	3	0.017
MCT0603-10.0K-CFCT-ND	RES SMD 10K OHM 1% 1/8W 0603	R11	RES0603W	1	0.13
311-10.0KCRCT-ND	RES SMD 10K OHM 1% 1/8W 0805	R7, R30	RES0805W	2	0.017
A110575CT-ND	RES SMD 2.15K OHM 0.1% 1/4W 0805	R20	RES0805W	1	0.48
311-220KCRCT-ND	RES SMD 220K OHM 1% 1/8W 0805	R3, R6	RES0805W	2	0.017
MCT0603-220-CFCT-ND	RES SMD 220 OHM 1% 1/8W 0603	R14	RES0603W	1	0.13
311-220CRCT-ND	RES SMD 220 OHM 1% 1/8W 0805	R25	RES0805W	1	0.07
408-1779-1-ND	RES SMD 220 OHM 0.01% 1/10W 0805	R22	RES0805W	1	7.21
311-2.20KCRCT-ND	RES SMD 2.2K OHM 1% 1/8W 0805	R8, R9, R23, R27, R28	RES0805W	5	0.017
311-330CRCT-ND	RES SMD 330 OHM 1% 1/8W 0805	R2, R5	RES0805W	2	0.017
MCT0603-47.0-CFCT-ND	RES SMD 47 OHM 1% 1/8W 0603	R12	RES0603W	1	0.2
MCT0603-680-CFCT-ND	RES SMD 680 OHM 1% 1/8W 0603	R15, R16	RES0603W	2	0.113
497-11605-ND	IC MCU 32BIT 1MB FLASH 100LQFP	U6	STM-LQFP100_L	1	9.5
296-12014-1-ND	IC REG SWTCHD CAP INV 60MA SOT23	U2	SOT 23-5	1	1.07
497-13683-1-ND	IC OPAMP GP 150KHZ RRO SC70-5	U8	SC70-5	1	1.08
MMSZ4685T1GOSCT-ND	DIODE ZENER 3.6V 500MW SOD123	ZD1	SOD123	1	0.17
BZT52C6V8-FDICT-ND	DIODE ZENER 6.8V 500MW SOD123	D3	SOD123	1	0.16

EK 10



CLEAR FLGPCL03 ¹					
	METRIC ²		IMPERIAL ²		METHOD
	Green ³	Postcured ⁴	Green ³	Postcured ⁴	
Mechanical Properties					
Ultimate Tensile Strength	38 MPa	65 MPa	5510 psi	9380 psi	ASTM D 638-10
Young's Modulus	1.6 GPa	2.8 GPa	234 ksi	402 ksi	ASTM D 638-10
Elongation at Failure	12 %	6.2 %	12 %	6.2 %	ASTM D 638-10
Flexural Modulus	1.25 GPa	2.2 GPa	181 ksi	320 ksi	ASTM C 790-10
Notched IZOD	16 J/m	25 J/m	0.3 ft-lbf/in	0.46 ft-lbf/in	ASTM D 256-10
Thermal Properties					
Heat deflection temp. @ 264 psi	42.7 °C	58.4 °C	108.9 °F	137.1 °F	ASTM D 648-07
Heat deflection temp. @ 66 psi	49.7 °C	73.1 °C	121.5 °F	163.6 °F	ASTM D 648-07

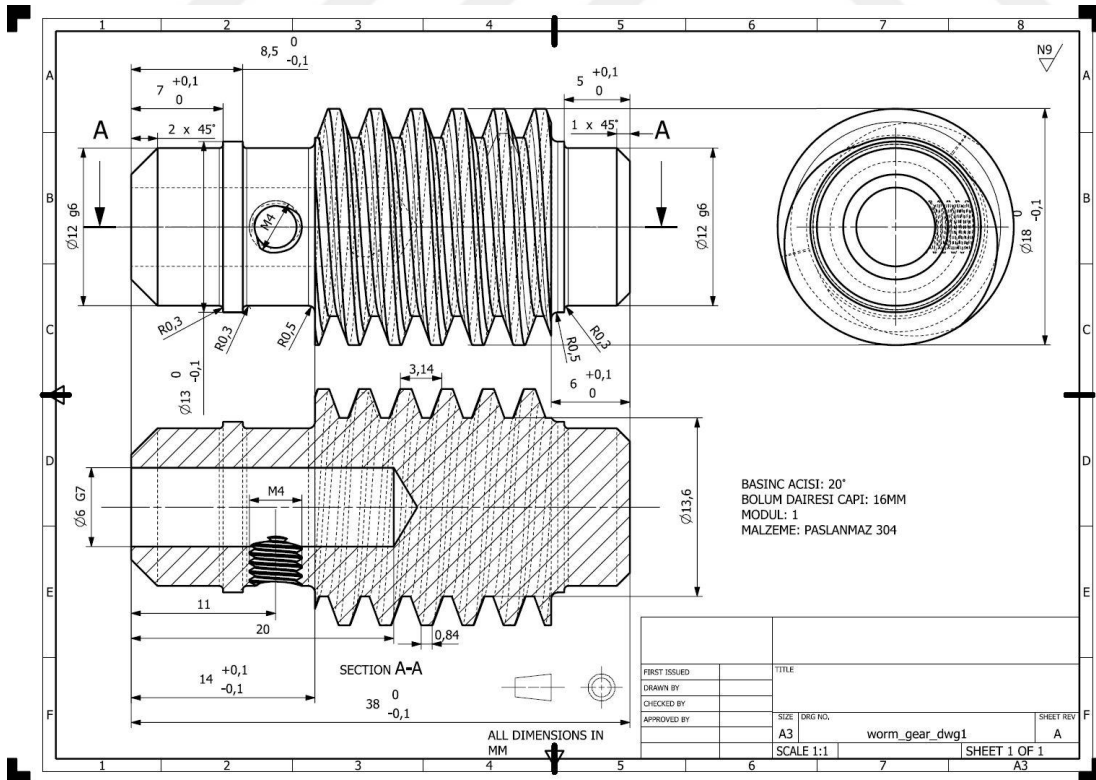
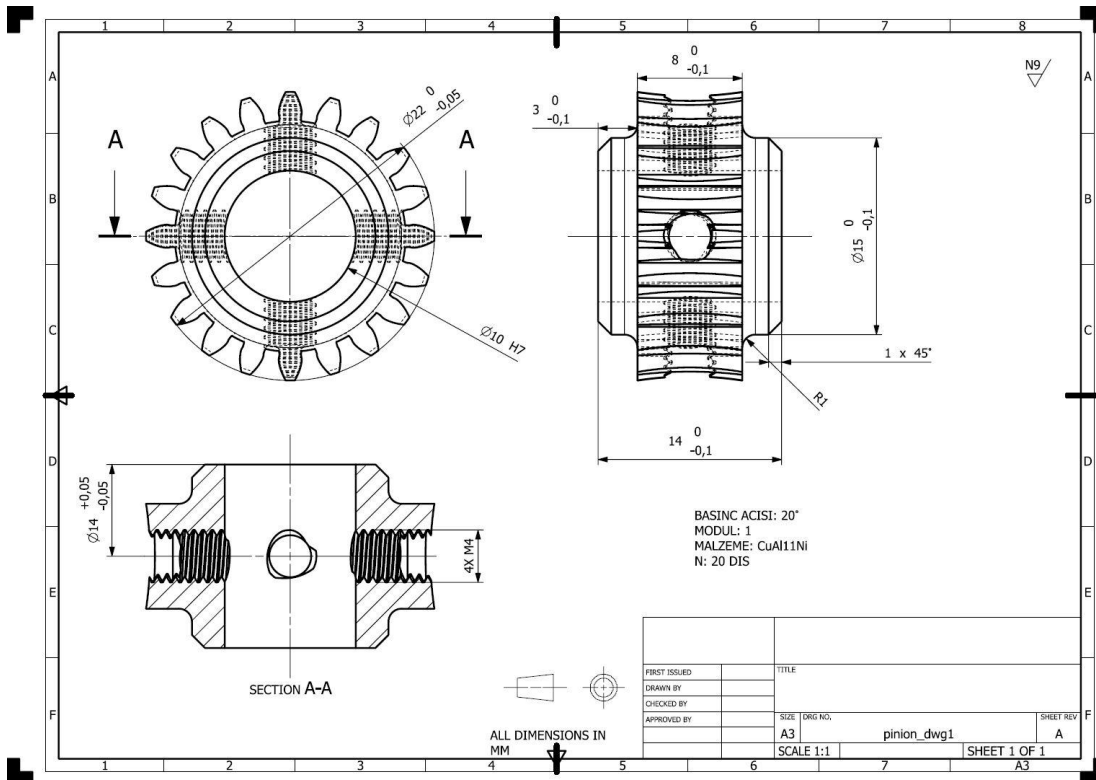
NOTES:

¹Clear material properties are representative of all Standard Resins: Clear, White, Black and Grey.

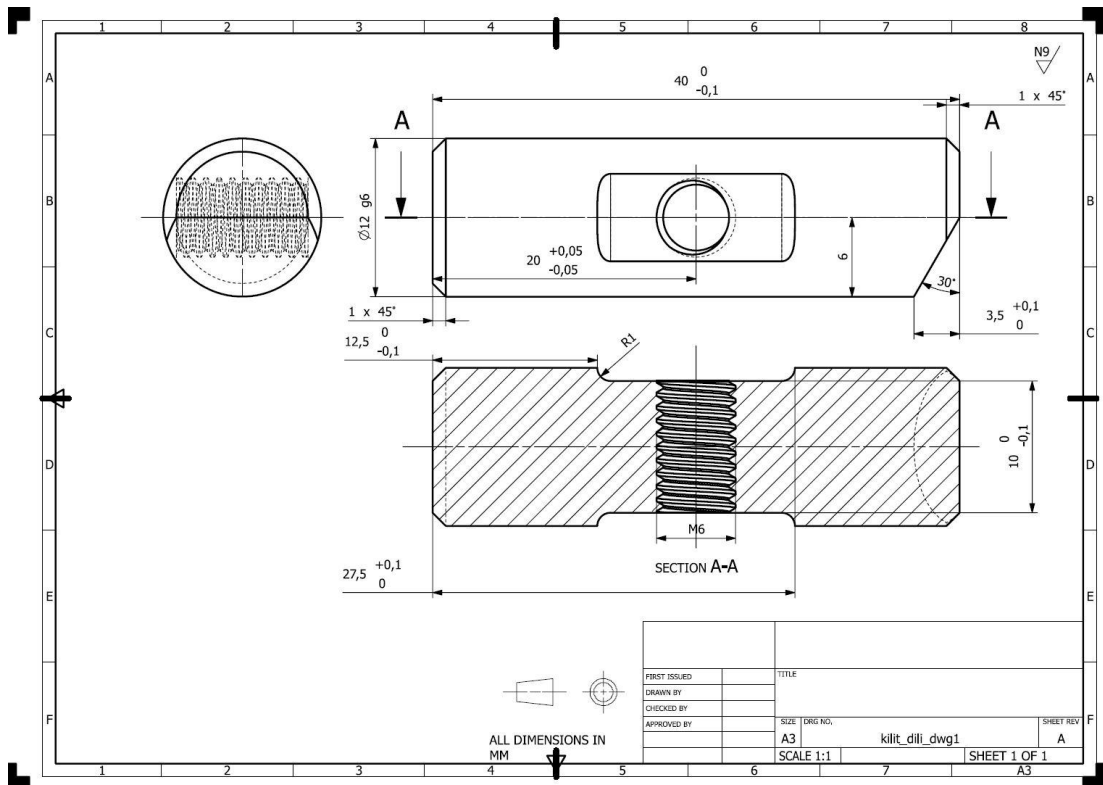
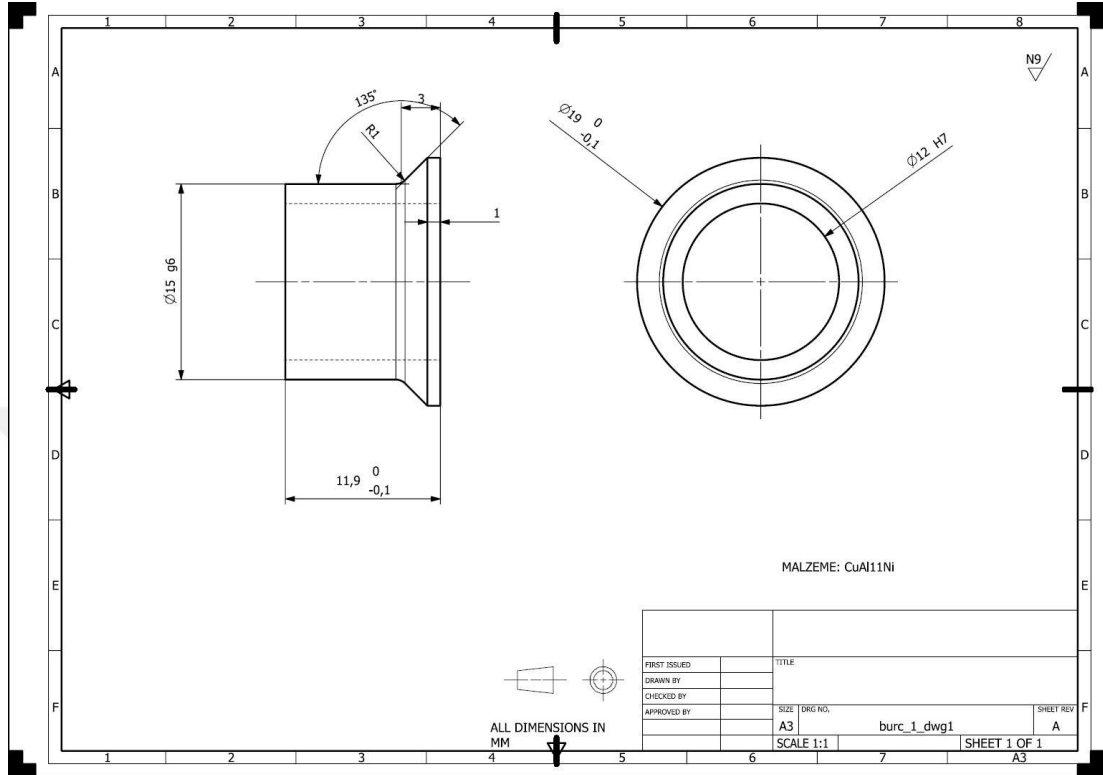
²Material properties can vary with part geometry, print orientation, print settings and temperature.

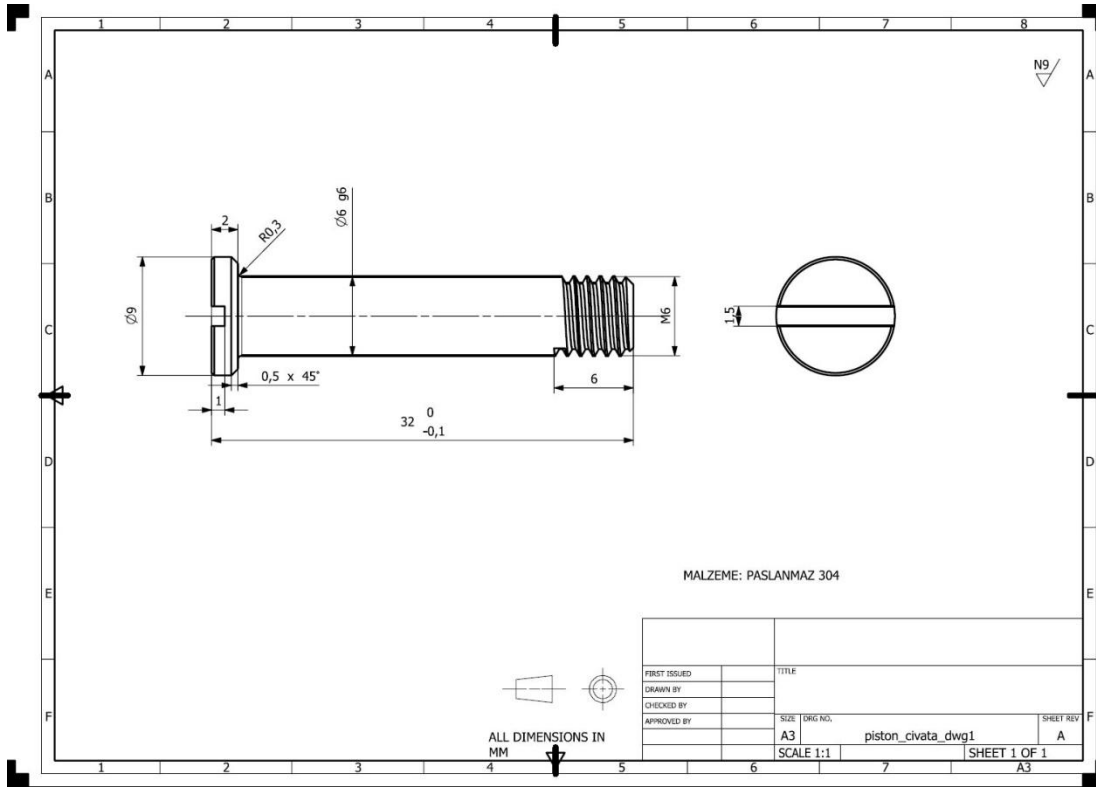
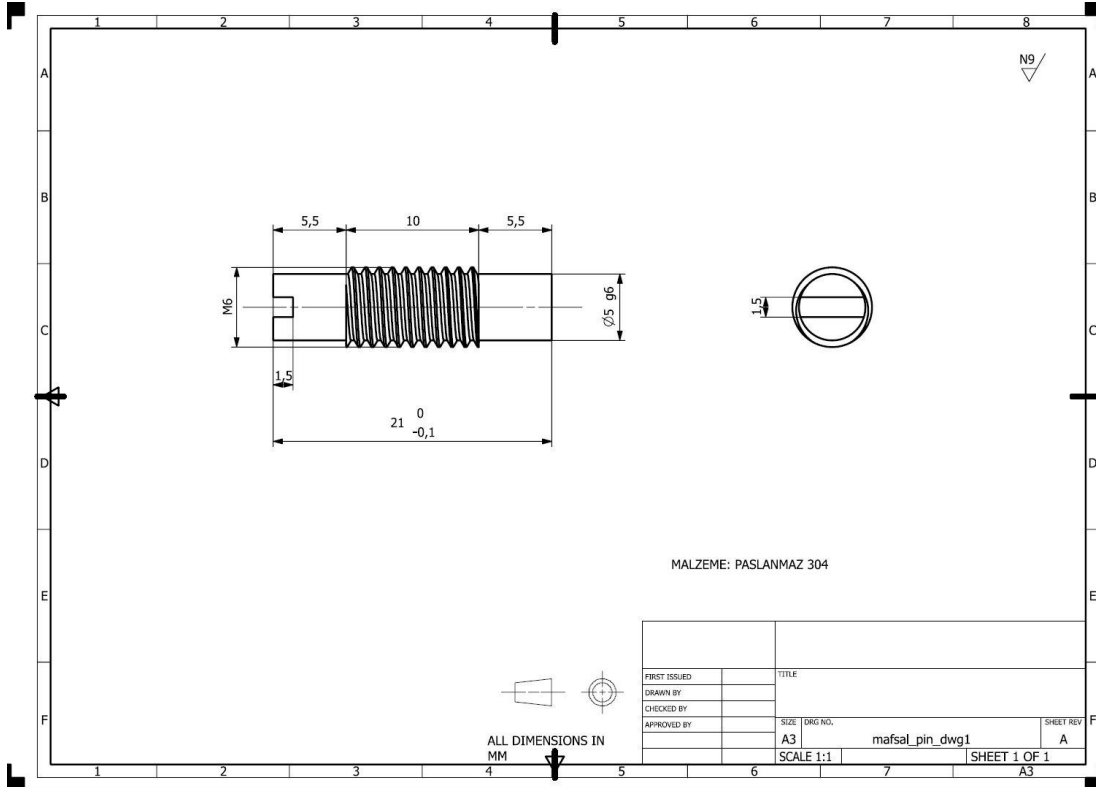
³Data was obtained from green parts, printed using Form 2, 100 µm, Clear settings, without additional treatments.

⁴Data was obtained from parts printed using Form 2, 100 µm, Clear settings and post-cured with 1.25 mW/cm² of 405 nm LED light at 60 °C for 60 minutes.



EK 12





EK 13

Malzemeler	TL
Motor	1393,50
Talaşlı İmalat	1994,2
Rulmanlar	70
Montaj Civataları	30
Üç Boyutlu Üretim	1483,63
Sızdırmazlık Keçesi	2,5
Turnike Kemer	26,27
Sac Kesim Parçalar	110
Pleksi Ekran Koruyucu	2
Üst Kapak Sızdırmazlık Contası	4,5
Yan Kapaklar Sızdırmazlık Contaları x3	3
Batarya	83,97
PCB Ürettirilmesi	320
Elektronik Malzemeler	560,1
Toplam Maliyet	6083,67



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Erdem İnanç BUDAK
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.01.1992 / Ankara
E-posta : ebudak@etu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Yıl	Yer	Görev
2014 – 2017	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Burslu Y.L. Öğr.
2017 –	FİGES Mühendislik AŞ.	AR-GE Mühendisi

YABANCI DİL: İngilizce

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Beytar, F., **Budak, E.**, Unlu, A., Eroğul O., 2017. Acil Yardım Akıllı Turnike Sistemi, Biyomut 2017 – XXI. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Kasım 24 – 26, İstanbul, Türkiye.
- **Budak, E.**, Beytar, F., Unlu, A., Eroğul O., 2017. Ekstremitte Yaralanmalarında Kullanılabilecek Askeri Amaçlı Akıllı Turnike Sistemi, 9.Cerrahi Araştırma Kongresi, Kasım 10 – 12, Kocaeli, Türkiye.
- **Budak, E.**, Beytar, F., Özdemir, M., Susam, B. N., Göker, M., Ünlü, A., and Eroğul, O. 2017. Lower limb phantom design and production for blood flow and pressure tests. The EuroBioTech Journal, Volume 1, Issue 4, Pg.278, October.

- Beytar, F., **Budak, E.**, Ünlü, A., Eroğul, O., 2017. Development of Lower Limb Phantoms for Engineering and Medical Applications, European Biotechnology Congress 2017, May 25 - 27, Dubrovnik, Croatia.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Budak, E.**, Beytar, F., Eroğul, O. 2017. Tıbbi Cihaz Geliştirilmesinde Etik Kurul Süreçleri. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, TIPTEKNO'17. Ekim 12 – 14, Trabzon, Türkiye.
- Koçak, O., **Budak E.**, Özgöde B., Fırat H., Telatar Z., Eroğul O., Uyku Apnesi Döneminde EEG İşaretlerinin Parametrik Güç Spektral Yoğunluğu Tespit Yöntemleri İle Analizi, Biyomut 17 – XX. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı Kasım 3 - 5, İzmir, Türkiye
- Koçak, O., **Budak, E.**, Beytar, F., Özgöde, B., Çoruh, B., Koçoğlu, A., & Eroğul, O., 2016. Şehir Hastaneleri için Biyomedikal Kalibrasyon Servis Hizmeti. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, TIPTEKNO'16. Ekim 27 – 29, Antalya, Türkiye.
- **Budak, E.**, Beytar F., Eroğul O.. "Solunum Hızı Değişkenliği Sinyallerinden Apnenin Öngörülmesi İçin Öznitelik Belirleme, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, TIPTEKNO'15. Ekim 15 – 18, Muğla, Türkiye.