

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OPTOKİNETİK NİSTAGMUS
SİSTEMİ TASARIMI**

DAĞHAN SİNAN ARDIÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
2009**

**OPTOKİNETİK NİSTAGMUS
SİSTEMİ TASARIMI**

**DESING OF AN OPTOKINETIC
NYSTAGMUS SYSTEM**

DAĞHAN SİNAN ARDIÇ

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2009
Ankara

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından **BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman) :.....
Doç. Dr. Osman EROĞUL

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Bülent YILMAZ

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. İsmail Cengiz KOÇUM

ONAY

Bu tez/....../2009 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2009

Prof. Dr. Emin AKATA

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca verdiği destekten ve göstermiş olduğu hoşgörüden dolayı danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman EROĞUL'a çok teşekkür ederim.

Cihazın mekanik kısmının üretilmesinde firmasının bütün olanaklarını bana sunan dostum Efe Kılıç'a,

Yazılım ve elektronik kısmında benden desteğini esirgemeyen ve tanıştığımız ilk günden beri her sıkıntıda yanımda olan dostum Emre Çiftçi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca bana sınırsız ve koşulsuz destek olan, hayatı benim için yaşanmaya değer hale getiren annem ve babama sonsuz saygı ve sevgilerimi sunar, benim için yaptıkları her şey ve bana sağladıkları bütün olanaklar için tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÖZ

OPTOKİNETİK NİSTAGMUS SİSTEMİ TASARIMI

Dağhan Sinan ARDIÇ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Optokinetik nistagmus (OKN) testi hastaların OKN'sini tetiklemek ve OKN'de ortaya çıkan anormal durumları gözlemlemek için kullanılır. Göz kliniklerinde hastaya ilk göz muayene testleri yapılırken hastaların gözü önünde üzerinde siyah beyaz şeritler olan ve el ile çevrilen mekanik bir optokinetik silindir çevrilir ve hastadan herhangi bir rengi seçip devamlı takip etmeleri istenir. Hasta gözleriyle silindirin dönme yönünde seçtiği renkteki şeridi takip eder. Şerit takip edilemeyecek hale geldiğinde göz hızlı bir hareket (sakkadik hareket) yaparak eski konumuna döner ve yeni bir şerit seçerek takibe devam eder. Buna optokinetik nistagmus denir ve her iki göz de aynı optokinetik silindire bakarken sakkadik hareket sayılarının aynı olması gerekir. Farklı olduğu durumlar göz kasları, beyinsel ya da iç kulaktaki sorunlara işaret eder. Doktor hastaya teşhisi bu sorunu görsel gözlemlemesi ile koyar.

Sunulan bu tezin hedefi elektromekanik bir optokinetik nistagmus sistemi (optokinetik silindir) tasarlayarak, göz kliniklerinde OKN testi için kullanılan mekanik optokinetik silindirde olmayan programlanabilen sabit bir hızda dönmeyi sağlamak, bu sayede doktorların hastadan elektro okülografi, elektronistagmografi ya da video nistagmografi cihazları ile sayısal veriler almalarını sağlamaktır. Tasarlanan sistemin ön panelindeki düğmelerden, eş zamanlı olarak da sistem için tasarlanan bilgisayar yazılımından istenilen hızda ve yönde OKN testi yapmak mümkün olmaktadır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Optokinetik Nistagmus, OKN, Optokinetik silindir, optokinetik test, optokinetik sistem, elektronistagmografi

Danışman: Doç. Dr. Osman EROĞUL, Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Biyomedikal Mühendislik Merkezi

ABSTRACT

DESIGN OF AN OPTOKINETIC NYSTAGMUS SYSTEM

Dağhan Sinan ARDIÇ

Baskent University Institute of Science

Department of Biomedical Engineering

Optokinetic test is been used both for stimulation of optokinetic nystagmus (OKN) and trying to observe OKN abnormalities. In eye clinics when the patient is checked the OKN test is applied with the other tests. Patient is requested to watch a mechanical drum with white and black stripes on it. The patient is asked to focus on one color and follow the stripe while the drum turns. The eyes of the patient follow the stripe with direction of the rotation. When the stripe cannot be followed the eyes make a quick move (saccadic move) and focus on a new stripe and follows it, this goes back and forth. This continuous move is called optokinetic nystagmus. The number of saccades on both eyes must be the same; otherwise this is accepted as the sign of a problem in eye muscles, brain system or inner ear. The doctors make the diagnosis by observing the patient with his/her eyes.

The aim of this thesis is to design an electromechanical optokinetic nystagmus system (optokinetic drum) to overcome the problem of mechanical drum by electronically adjusting the velocity. The advantage of constant velocity is that doctors can make diagnosis not only by their eyes but also with electrooculography (EOG), electronystagmography (ENG) and video nystagmography. Main purpose of the thesis is to design and produce an optokinetic nystagmus system which is able to do OKN tests with the preferred direction and adjusted velocities.

KEY WORDS: OKN, optokinetic nystagmus, optokinetic test, optokinetic drum, electronystagmography

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Osman EROĞUL, Gülhane Military Medical Academy, Biomedical Engineering Centre

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
1 GİRİŞ	1
1.1 Kapsam	1
1.2 Amaç	3
1.3 Yöntem	4
2 TEMEL BİLGİLER	5
2.1 Gözün Yapısı	5
2.2 Göz Kasları	5
2.2.1 Göz Kaslarının Eksenleri.....	6
2.2.2 Göz Kaslarının Hareketleri	7
2.3 Vestibüler ve Optokinetik Sistem	11
2.3.1 Optokinetik Sistem	12
2.4 Optokinetik Nistagmus Anomalileri	12
2.5 Optokinetik Nistagmusu Tetikleyici Sistemler	13
2.5.1 Tüm Görsel Alanı Uyaran Optokinetik Silindirler	13
2.5.2 Işıklı Optokinetik Tetikleyiciler	14
2.5.3 Video İzdüşümlü Optokinetik Tetikleyiciler	16
2.5.4 Mekanik Optokinetik Silindirler	17
2.5.5 Bilgisayar Destekli Optokinetik Tetikleyiciler	18
2.6 Optokinetik Nistagmusu Gözlemleyecek Sistemler.....	19
2.6.1 Elektronistagmografi (ENG)	20
2.6.2 Video Nistagmografi (VNG).....	23
2.6.3 Direkt Kızıl Ötesi Okülografi	24

2.6.4	Skleral Bobinler	24
2.6.5	Elektro Okülogram (EOG)	25
3	MATERYAL VE METOD	27
3.1	Donanımın Tasarlanması	27
3.1.1	Cihaz Kutusu ve Optokinetik Silindir	27
3.1.2	Donanımda Kullanılan Elektronik Devreler.....	34
3.2	Elektronik Devreler için Ayrıntılı Bilgi	36
3.2.1	Merkezi Denetleme Ünitesi	36
3.2.2	Motor Sürücü Uydusu	41
3.2.3	Seri Bağlantı Uydusu	44
3.3	Optokinetik Nistagmus Sistemi Bilgisayar Yazılımı	46
3.4	Sistemin Çalışma Özellikleri	49
3.5	Silindirin Dönüş Hızı	50
3.6	OKN'u Tetiklemek için Bilgisayar Animasyonu Tasarımı	50
3.7	EOG Kaydı	51
4	SONUÇ VE TARTIŞMA.....	54
4.1	Tasarlanan Sistemin Uygulanması, Sonuçları ve Yorumları	54
4.2	Tasarlanan Cihaz ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	60
4.2.1	Mekanik Sorunlar ve Çözümleri	61
4.2.2	Elektronik Sorunlar ve Çözümleri	62
4.2.3	Bilgisayar Yazılımı Sorunları ve Çözümleri	63
4.3	Optokinetik Nistagmus Sistemi için Düşünülen Geliştirmeler.....	64
	KAYNAKLAR LİSTESİ.....	65
	EKLER.....	69
	EK-1 BİLGİSAYAR YAZILIMI KODLARI	69
	EK-2 OPTOKİNETİK NİSTAGMUS SİSTEMİ KULLANMA TALİMATI.....	89
	EK-3 OPTOKİNETİK NİSTAGMUS SİSTEMİ TEKNİK ÖZELİKLER	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Gözün Anatomisi	1
Şekil 2.1 Göz Eksenleri	6
Şekil 2.2 Göz Kasları	8
Şekil 2.3 Üst Rektus (ÜR) üstten görünüm.....	9
Şekil 2.4 Alt Rektus (AR) alttan görünüm	10
Şekil 2.5 Üst Oblik (ÜO) üstten görünüm	10
Şekil 2.6 Alt Oblik (AO) alttan görünüm.....	10
Şekil 2.7 Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindir	14
Şekil 2.8 Işıklı optokinetik tetikleyici.....	15
Şekil 2.9 Işıklı optokinetik tetikleyici şematik görünümü	15
Şekil 2.10 Video İzdüşümlü Optokinetik Tetikleyici (Silindir).....	16
Şekil 2.11 Mekanik optokinetik silindir (yetişkin sürümü).....	17
Şekil 2.12 Çocuklarda kullanılan optokinetik silindir	18
Şekil 2.13 Bilgisayar destekli optokinetik tetikleyici ve VNG sistemi.....	19
Şekil 2.14 ENG elektrot yerleşimi	20
Şekil 2.15 ENG kaydı	21
Şekil 2.16 VNG sistemi.....	24
Şekil 2.17 Gözlerin sağa ve sola dönüşünde alınan EOG kaydı	26
Şekil 3.1 Cihazın ön panel görüntüsü.....	28
Şekil 3.2 Cihazın arka panel görüntüsü.....	29
Şekil 3.3 Silindir ve aktarma kolu görüntüsü.....	30
Şekil 3.4 Motorun cihaza bağlanmış görüntüsü.....	30
Şekil 3.5 Cihazın önden görünüşü.....	31
Şekil 3.6 Cihazın yandan görünüşü.....	32
Şekil 3.7 Cihazın arkadan görünüşü.....	33
Şekil 3.8 Merkezi Denetleme Ünitesi.....	35
Şekil 3.9 Motor Sürücü Uydusu	35
Şekil 3.10 Seri Bağlantı Uydusu	36
Şekil 3.11 Merkezi denetleme ünitesi şematik çizim görüntüsü.....	39
Şekil 3.12 Merkezi denetleme ünitesi baskı devre görüntüsü.....	40
Şekil 3.13 Merkezi denetleme ünitesi fotoğrafı	40
Şekil 3.14 L298 entegresi ile kurulan devrenin şematik çalışma prensibi.....	41

Şekil 3.15 Motor sürücü uydusu şematik görünümü	42
Şekil 3.16 Motor sürücü uydusu şematik görünüm	43
Şekil 3.17 Motor sürücü uydusu fotoğrafı	43
Şekil 3.18 Seri bağlantı uydusu şematik görünüm	44
Şekil 3.19 Seri Bağlantı uydusu baskı devre görünümü	45
Şekil 3.20 Seri bağlantı uydusu fotoğrafı	45
Şekil 3.21 Bilgisayar denetim yazılımı (DSA OKN'S)	46
Şekil 3.22 Seri bağlantı noktası menüsü	47
Şekil 3.23 Cihazın bağlı olduğu seri bağlantı noktasının seçimi	47
Şekil 3.24 Sistemin çalışır duruma geçmiş görüntüsü	48
Şekil 3.25 Optokinetik nistagmus sistemi genel çalışma şeması	49
Şekil 3.26 EOG elektrotlarının dikey hareket kaydı için bağlantı şekli	52
Şekil 3.27 EOG elektrotlarının yatay hareket kaydı için bağlantı şekli	52
Şekil 4.1 Sola 20ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	54
Şekil 4.2 Sola 6ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	55
Şekil 4.3 Sola 10ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	56
Şekil 4.4 Sola 15ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	57
Şekil 4.5 Sola 25ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	57
Şekil 4.6 Sola 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	58
Şekil 4.7 Sağa 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	59
Şekil 4.8 Sağa 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	59
Şekil 4.9 Sağa 10ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı	60

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1 Ekstra oküler kaslar ve hareketleri.....	10
--	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

OKN	Optokinetik nistagmus
MR	Mediyal Rektus
LR	Lateral Rektus
ÜR	Üst Rektus
AR	Alt Rektus
AO	Alt Oblik
ÜO	Üst Oblik
VOR	Vestibülo Oküler Refleks
OKR	Optokinetik Refleks
SSS	Santral Sinir Sistemi
DISP	Devre İçi Seri Programlama
V	Voltaj
V _e	L298 i Açma Voltajı
C	Kondansatör
DA	Doğru Akım
A	Amper
m	Metre
mm	Mili metre
cm	Santimetre
sn	Saniye
dk	Dakika
ddk	Devir Dakika
DGK	Darbe Genişlik Kipleme
LCD	Liquid Crystal Display (Likit Kristal Ekran)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
EOG	Elektro okülogram
mV	Mili Volt
μV	Mikro Volt
μF	Mikro Farad
OKR	Optokinetik Refleks
μV/°	Mikro Volt / derece

OKN tetiklemek için kullanılabilecek en güvenilir yöntem iç yüzeyinde siyah beyaz şeritler ve hastanın oturabileceği bir koltuk olan tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirlerdir. Bunun nedeni tüm görsel alanın uyarılması ile sabit noktalara gözün takılmasını engellemektir. Bu tür sistemlerde hastada kendi etrafında dönme yanılsaması olur. Fakat yüksek dönüş hızı gerektiren araştırmalarda silindirin ağırlığı daha büyük ve pahalı bir motor ve denetleme ünitesi gerektireceğinden büyük bir sorun olur. Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirin sorunu büyük ağırlığı ve sadece ona tahsis edilmiş bir oda değildir, silindirin içindeki alanın dar olması nedeniyle hastada odaklanma sorunu yaşanır.[2]

Elle tutulan mekanik optokinetik silindirlerle ve de video izdüşümlü sistemlerle bu sorun ortadan kaldırılmıştır. Elle çevrilen silindirlerin hastanın omzuna bağlanabilecek şekilde olması hastanın görsel dikkatinin dağılmaması için daha çok istenilen bir durumdur.[3]

Aynı insanlarda yapılan tüm görsel alanın uyarılması ve görsel alanın belli bir kısmının uyarılması testlerinde farklı sonuçlar elde edilir. Görsel alanın bir kısmının uyarılmasında sağlıklı kişilerde daha çok hatalı pozitif sonuçlar elde edilir. Fakat görsel alanın bir kısmının uyarıldığı testlerde patolojik durumlarda daha hassas sonuçlar verir.[4]

Görsel alanın bir kısmının uyarılması büyük olasılıkla sadece foveayı uyarmaktadır, dolayısıyla OKN'nin neden olduğu göz hareketi ana cevap olmaktadır. Göz şeritli desenlerle uyarıldığında retinanın merkezi çevresel retinadan daha çok uyarılır.[5] [6]

Optokinetik testler birçok hastanede baş dönmesi ve dengesizlik tanılarının konulmasında kullanılan ucuz test yöntemlerinden biridir.[7] Tüm görsel alanın uyarılmasını sağlayabilecek optokinetik silindirler maliyetli olduğu için elle tutulabilen boyutlarda olan ve el yordamı ile çevrilen mekanik silindirler optokinetik testlerin yapımında göz kliniklerinde sıkça kullanılmaktadır. Tüm görsel alanın uyarılmasında kullanılan sistemlerde hız ayarı yapılabildiğinden elektro okülografi, elektronistagmografi ve video nistagmografi ile hastadan sayısal veriler elde

edilebilmekte konulan tanılar elde edilen sayısal verilerle açıklanabilmektedir. Tüm görsel alanı uyaran sistemlerin büyük ve pahalı olması nedeniyle göz kliniklerinde sayısı azdır. Elle tutulan mekanik silindirlerin hızının ayarlanamaması hastalara yapılan teşhisleri gözle gözlem yeteneği ile sınırlamakta ikinci bir iş olarak tüm görsel alanı uyarabilen optokinetik testlerin yapılması ihtiyacını doğurmaktadır. Elle tutulan mekanik silindiri tutarken hareket etmesi de ayrı bir odaklanma sorununu ortaya çıkarmaktadır.

Elle tutulan mekanik optokinetik silindirlerin hastanelerde sıkça kullanılması bu konunun ne kadar gelişmeye açık bir alan olduğunun göstergesidir.

1.2 Amaç

Bu tezin ana amacı göz kliniklerinde optokinetik testlerde kullanılan mekanik optokinetik silindirin yerine geçerek hastalarda elektro okülografi (EOG), elektronistagmografi (ENG) ya da video nistagmografi (VNG) kullanarak gözlem yapmayı sağlayabilecek taşınabilir, düşük maliyetli, dönüş hızı ve yönü bilgisayar ve elektronik kontrollü olarak ayarlanabilen bir optokinetik silindir tasarlamaktır.

Tasarlanan elektromekanik optokinetik silindirin üretim hedefi göz kliniklerinde yapılan testlerde mekanik silindirin yerini alarak test kalitesini arttırmak, test sürecini kolaylaştırmak, hastaya yapılacak teşhisleri EOG, ENG ve/veya VNG gibi sistemleri kullanarak gerçekleştirmektir.

Üretimi düşünülen cihazın hem üzerindeki düğmelerle hem de bilgisayardan denetlenmesi hedeflenmektedir. Buradaki amaç hem testin yapıldığı noktadan hem de hasta dikkatinin dağılmaması için uzaktaki bir bilgisayardan cihaz ayarlarının değiştirilmesini sağlamaktır.

Yapılacak sistemin tüm bileşenlerinin sağlam ve hastane şartlarına dayanması, aynı zamanda da kullanıcı dostu olması da amaçlanmaktadır.

1.3 Yöntem

Bu noktaya kadar konunun içeriği hakkında tanımlar üzerinde durulmuş, tezin temel amaçları hakkında bilgi verilmiştir. Geri kalan kısımlarda amaca ulaşmak için yapılan araştırmalar, izlenen yollar ve gerçekleştirilen sistemler hakkında bilgi verilecektir.

İkinci bölümde hastalarda nistagmus oluşumu, nedenleri, optokinetik nistagmusun oluşumu, bozukluklarının yorumlanması, klinikte hastalara yapılan testler ve yapılma yönergeleri ile ilgili literatür bilgileri “TEMEL BİLGİLER” başlığı altında sunulmaktadır.

Üçüncü bölümde yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemleri ve gerçekleştirilen sistemlerin ayrıntılarını içermektedir. Bu bölümde tasarlanan sistemin oluşturulma süreçleri, mekanik, elektronik, bilgisayar yazılımı ve de animasyon kısmı hakkında detaylı bilgiler “YÖNTEMLER” ana başlığı altında anlatılmaktadır.

Dördüncü bölümde “SONUÇ VE TARTIŞMA” adı altında elde edilen sonuçlar gösterilmekte ve bu sonuçlar ile ilgili yorumlara yer verilmektedir.

2 TEMEL BİLGİLER

Bölümün amacı okuyucuya göz anatomisi, göz hareketleri, nistagmus, optokinetik nistagmus hakkında temel düzeyde bilgi vermek, sağlıklı ve sağlıklı olmayan optokinetik nistagmuslar arasındaki farkları göstermek, piyasadaki optokinetik nistagmusu tetikleyecek ve gözlemleyebilecek sistemleri tanıtmak ve ön bilgi vermektir.

2.1 Gözün Yapısı

Gözün yatay kesiti Şekil 1.1'de görülmektedir. Yaklaşık küre biçimindeki göz yuvarlağının ortalama çapı 2,5cm'dir. En dışta beyaz ve lifsel yapıdaki **göz akı** (sclera) ön tarafta bombeleşir, saydamlaşır ve **kornea** (cornea) adını alır. Işığa duyarlı **ağ tabaka** (retina) göz yuvarlığının 2/3'ünü kaplar. Optik sinirlerin gözden çıkış yeri olan **optik diskte** ışığa duyarlı reseptörler bulunmaz. Retina ile göz akı arasında pigmentli **damar tabakası** (choroid) bulunur ki bunun da öne doğru uzantısı **siliyer cisimcik** ve **irisi** oluşturur. Göze gelen ışık, öncelikle, iki yüzeyi yaklaşık paralel olan kornea tabakasına geçer. Korneadan sonra ön odacıkta bulunan **göz suyu** (aköz hümör) içinde ilerleyen ışınlar, iris ortasındaki dairesel aralıktan (pupilla) **göz merceğine** (kristal lens) girer. Göz merceği hücreli yapıdadır ve kırılma indisi dıştan içe doğru bir miktar büyür.[8] Camsı cisimden geçen ışın damar tabaka üzerindeki **fovea** üzerine düşürülür. Fovea üzerine düşen görüntü baş aşağı haldedir. Beyinde görüntü düzeltilerek algılanır.

2.2 Göz Kasları

Göz kaslarının gözü nasıl hareket ettirdiğini anlayabilmek için göz küresinin geometrisini ve göz kaslarının işlevlerini anlamak gerekir. Göz düşey, dikey ve burulma eksen olmak üzere üç eksenle hareket eder. Bu eksenler göz küresinin orta noktasında kesişir. Göz hareketleri altı adet göz kasının (Ekstraoküler kaslar) birbiri ile eş güdümlü kasılıp gevşemesi ile sağlanır. İnsan gözünün gün içerisinde 100.000 sakkadik hareket yaptığı düşünülürse göz kaslarının yorulmaya karşı ne kadar dirençli olduğu anlaşılır. Göz kasları yapı olarak da diğer iskelet kaslarından farklıdır. Kaslara olan sinir bağlantıları çok yoğundur. On ile yirmi kas lifine bir

motonöron düşer. Göz kasları daha çok mitokondri ve daha yüksek metabolik aktiviteye sahiptir. Bu özellikler göz kaslarını vücudumuzda en hızlı kasılan kaslar grubuna sokmaktadır.[9]

2.2.1 Göz Kaslarının Eksenleri

Göz kasları gözü x,y,z eksenlerinde hareket ettirir.

Şekil 2.1’de göz eksenleri gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Göz Eksenleri [9]

Düksiyon: Gözün tek taraflı yatay, dikey ve dairesel hareketleridir.

- **Abdüksiyon:** Gözün orta hattaki z-ekseninden dışa doğru olan yatay hareketidir.
- **Adduksiyon:** Gözün orta hattaki z-ekseninden içe doğru olan yatay hareketidir.
- **Elevasyon:** y-ekseninde oluşan gözün yukarıya doğru dönme hareketidir.
- **Depresyon:** y-ekseninde oluşan gözün aşağıya doğru dönme hareketidir.
- **İnsiklodüksiyon:** x-ekseninde oluşan gözün tepe noktasının mediyal eksene yaklaşma hareketidir.
- **Eksiklodüksiyon:** x-ekseninde oluşan gözün tepe noktasının mediyal eksenden uzaklaşma hareketidir.[10]

Versiyon: Gözün aynı yönde eş zamanlı hareketleridir.

- **Dekstroversiyon:** İki gözün de z-ekseninde sağa doğru hareketidir.
- **Levoversiyon:** İki gözün de z-ekseninde sola doğru hareketidir.
- **Elevasyon:** İki gözün de y-ekseninde yukarıya doğru hareketidir.
- **Depresyon:** İki gözün de y-ekseninde aşağıya doğru hareketidir.
- **Dekstrosikloversiyon:** İki gözün de x-ekseninde yaptığı hareketle gözlerin tepe noktasının sağa doğru yönelmesidir.
- **Levosikloversiyon:** İki gözün de x-ekseninde yaptığı hareketle gözlerin tepe noktasının sola doğru yönelmesidir.[10]

Verjans: Gözlerin karşıt yönlerde eş zamanlı olan hareketidir.

- **Konverjans:** İki gözün de z-ekseninde mediyal eksene doğru dönmesidir.
- **Diverjans:** İki gözün de z-ekseninde dönerek mediyal eksenden uzaklaşmasıdır.
- **İnsikloverjans:** İki gözün de x-ekseninde dönerek göz kürelerinin tepe noktalarının mediyal eksene doğru yaptığı harekettir.
- **Eksikloverjans:** İki gözün de x-ekseninde hareket ederek göz kürelerinin tepe noktalarının mediyal eksenden uzaklaşma hareketidir.[10]

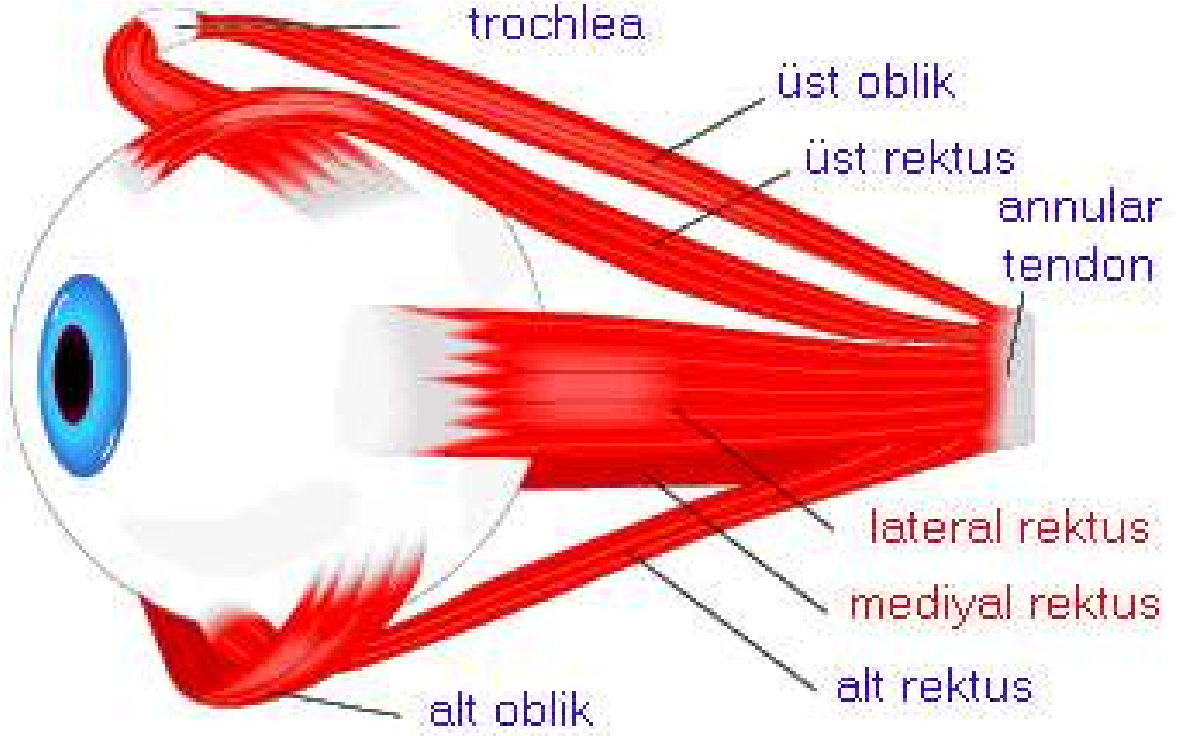
2.2.2 Göz Kaslarının Hareketleri

Gözün temel duruşu klinik olarak gözler karşıya direkt bakarken kafanın ve bedenin aynı eksen üzerinde olduğu durum olarak tanımlanır. Göz kaslarının temel hareketleri gözü temel duruşuna getirmek ve orada tutmak için yaptıkları hareketlerdir.[11]

Şekil 2.2'de göz kasları görülmektedir.

Dört rektus kası göz yuvasının tepesindeki Zinn halkasından çıkar. Mediyal Rektus (MR) göz küresinin mediyal tarafına, korneaskleral limbusa yaklaşık olarak $5,3\pm 0,7$ mm uzaklıkta tutunur. Lateral Rektus (LR) göz küresinin lateral tarafına, limbusa yaklaşık olarak $6,9\pm 0,7$ mm mesafede tutunur.[11]

Mediyal ve lateral rektus kaslarının tutunduğu yerler simetrik olduğu ve de göz küresinin yatay meridyeninde bulunduğu için görevleri basit ve birbirinin zıttı şeklindedir. MR'nin kasılması göz küresini addukte eder, LR'nin kasılması göz küresini abdukte eder.[11]



Şekil 2.2 Göz Kasları [9]

Üst rektus (ÜR) ve alt rektus (AR) da Zinn halkasından çıkar. ÜR göz küresinin üst kısmına, limbustan yaklaşık olarak $7,9 \pm 0,6$ mm mesafeden tutunur. AR göz küresinin alt kısmına, limbustan yaklaşık olarak $6,8 \pm 0,8$ mm mesafeden tutunur. Bununla birlikte ÜR ve AR'nin bağlanması görme eksenini ile gözün temel duruşu arasında 23° 'lik bir açı farkına neden olur. ÜR göze yaptırdığı birincil hareket olan elevasyon dışında, ikincil bir hareket olarak insiklodüksiyon ve üçüncül bir hareket olarak adduksiyon yaptırır. AR birincil hareketi göz küresine depresyon yaptırmak dışında, ikincil bir hareket olarak eksiklodüksiyon ve üçüncül bir hareket olarak da adduksiyon yaptırır. Birincil ve ikincil hareketler arasındaki göreceli önem görme ekseninin yönüne göre değişir. Eğer göz 23° abdukte ise, ÜR sadece elevasyon,

AR sadece depresyon yapar. Eğer göz 67° addukte olmuşsa ÜR sadece insiklodüksiyon, AR sadece eksiklodüksiyon yapar.[11]

Üst oblik (ÜO) de Zinn halkasından çıkar fakat fonksiyonel merkezi göz yuvasının üst mediyalinde ki trokleadır. ÜO trokleayı geçtikten sonra kiriş görevi görür. Bu kiriş daha sonra arka lateral bir yön kabul eder ve göz küresinin üst arka temporal çeyreğindeki dönme merkezine bağlanır. Göz temel duruşundayken görme eksenini ile 54° 'lik bir açı yapar. Birincil hareketi olan insiklodüksiyon dışında, ÜO ikincil bir hareket olarak depresyon, üçüncül bir hareket olarak abdüksiyon yaptırır. Eğer göz 54° addukte ise sadece depresyon yapar, eğer 36° ile abdükte ise sadece insiklodüksiyon yapar.[11]

Alt oblik (AO) ön mediyal göz yuvası zemininden çıkar, Zinn halkasından çıkmayan tek göz kasıdır. Göz küresinin alt arka çeyreğine bağlanır göz temel duruşundayken görme eksenini ile 51° açı yapar. Birincil görevi olan eksiklodüksiyona ek olarak, ikincil bir hareket olan elevasyon ve üçüncül bir hareket olan abdüksiyon da yaptırır. Eğer göz 51° ile addukte ise AO sadece elevasyon yapar. Eğer göz 39° abdükte ise sadece eksiklodüksiyon yapar.[11] Aşağıda yukarıda anlatılan durumlarla ilgili şekillere yer verilmiştir.



Şekil 2.3 Üst Rektus (ÜR) üstten görünüm [9]



Şekil 2.4 Alt Rektus (AR) alttan görünüm [9]



Şekil 2.5 Üst Oblik (ÜO) üstten görünüm [9]



Şekil 2.6 Alt Oblik (AO) alttan görünüm [9]

Çizelge 1 Ekstraoküler kaslar ve hareketleri

Ekstraoküler Kas	Birincil Hareket	İkincil Hareket	Üçüncül Hareket
Lateral Rektus	Abdüksiyon	Yok	Yok
Mediyal Rektus	Adduksiyon	Yok	Yok
Üst Rektus	Elevasyon	İnsiklodüksiyon	Adduksiyon
Alt Rektus	Depresyon	Eksiklodüksiyon	Adduksiyon
Üst Oblik	İnsiklodüksiyon	Depresyon	Abdüksiyon
Alt Oblik	Eksiklodüksiyon	Elevasyon	Abdüksiyon

2.3 Vestibüler ve Optokinetik Sistem

Vestibülo-oküler ve optokinetik refleksler filogenetik olarak ortaya çıkan en eski göz hareketleridir. Vestibülo-oküler refleks (VOR) kafa hareketleri sırasında gözleri kafa hareketine ters yönde hareket ettirerek retina üzerindeki görüntüyü sabitler. Optokinetik sistem büyük bir görsel alanın hareketinde gözleri sabitleştirir. Buda ters yönde sanal bir öz dönmeye neden olur.[12]

Optokinetik göz hareketleri yavaş izleme hareketlerinden ayrılmalıdır. Yavaş izleme hareketleri küçük bir cismi izlerken cismi fovea üzerinde tutmaya yarar. Eğer iç yüzey alanı siyah beyaz şeritler ya da noktalarla boyanmış dönen bir silindirin içine oturursanız tüm görsel alan dönüyormuş gibi algılanır. Gözler dönüşü, yavaş fazı silindirin dönme yönünde, hızlı fazı silindirin dönme yönüne ters yönde olan bir nistagmus ile algılar. Bu cevaba optokinetik nistagmus (OKN) denir. Bununla sorumlu sinirsel sisteme de optokinetik refleks (OKR) denir. Doğada bu durumun ortaya çıktığı tek zaman canlının kendi etrafında dönmesi ve VOR'un bu dönüşü tam anlamı ile tanzim edememesidir. Bu yüzden OKR'nin VOR'un yetersiz kaldığı durumlarda sabitleyici göz hareketlerini sağlayacak yedek bir sistem olduğu düşünülür.[13]

2.3.1 Optokinetik Sistem

Optokinetik nistagmus hareket eden geniş bir alanın etkisinde refleks olarak ortaya çıkar ve de kendi etrafında sanal bir ters yönde dönme etkisine neden olur.

Optokinetik sistem açısal VOR'a destek olan bir sistemdir. VOR en iyi olarak kısa süreli, yüksek frekanslı kafa hareketlerine tepki verirken, optokinetik sistem retinadaki görüntüyü uzun süreli, düşük frekanslı dönüşlerde sabitler.[14]

Laboratuar ortamında normal bir insan iç yüzeyi şeritli, dönen bir silindirin içinde otururken optokinetik nistagmus oluşur. Eğer ışıklar aniden kapatılırsa, nistagmus aniden bitmez fakat yavaşlayarak kaybolur. Buna optokinetik sonrası nistagmus (OKSN) denir. Hız saklanması OKSN'den sorumludur.[15]

Yavaş takip durumu ve optokinetik cevap doğada arka arkaya ortaya çıkar, fakat iki sistem birbirinden farklıdır. Yavaş takip sistemi istemli olarak küçük bir objenin takip edilmesi ile devreye girer. Amaç objenin görüntüsünü fovea üzerine düşürmektir. OKN ise büyük bir görsel alanın hareket etmesi durumunda retina üzerinde büyük bir alanın uyarılması ile refleks olarak devreye girer. Klinikte kullanılan küçük elle çalışan mekanik silindirler OKSN'yi tetiklemez. Küçük alanların hareketinde hem optokinetik sistem hem de yavaş takip sistemi optokinetik nistagmusa neden olur.[16]

2.4 Optokinetik Nistagmus Anomalileri

Optokinetik nistagmus kortikal veya subkortikal olarak ortaya çıkar. Kortikal olanlara aktif subkortikal olanlara pasif nistagmus adı verilir.

Tek başına optokinetik nistagmus aykırılıkları, serebral korteks lezyonlarında görülür. Eğer yön değiştiren sabit bakış nistagmusuyla (gaze nistagmus) birlikteyse beyin sapı ve serebellar sistem bozukluğuna işaret eder. [17]

Kronik vestibüler sistem hastalıklarında optokinetik nistagmus etkilenmez ancak tek taraflı akut labirent lezyonlarında optokinetik nistagmus bozuklukları ortaya çıkabilir. Lezyondan sonraki üç gün içinde ortaya çıkan bu tür bozukluklar dört hafta sonra kaybolurlar.[18]

Beyin sapını tutan hastalıklarda iki taraflı optokinetik nistagmus yanıtları baskılanır, köşe tümörlerinde optokinetik nistagmus bozuklukları beyin sapına bası olduğu durumlarda görülür.[19]

2.5 Optokinetik Nistagmusu Tetikleyici Sistemler

Günümüzde birçok cihaz optokinetik nistagmus tetiklemek için kullanılmaktadır. Bunları alt ana başlıklar altında toplamak mümkündür.

1. Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirler
2. Işıklı optokinetik tetikleyiciler
3. Video izdüşümlü optokinetik tetikleyiciler
4. Mekanik optokinetik silindirler
5. Bilgisayar destekli optokinetik tetikleyiciler

2.5.1 Tüm Görsel Alanı Uyaran Optokinetik Silindirler

Tüm görsel alanı uyaran optokinetik tetikleyiciler içinde altın standart, tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirlerdir (Şekil 2.7). Hasta iç yüzeyinde siyah beyaz şeritler olan büyük bir silindirin içindeki koltuğa oturur. Silindir yüzeyinin kapısı kapatıldıktan sonra silindir motor yardımı ile dönmeye başlar. Hasta şeritleri takip ederken gözde dönüş yönünde yavaş hareket, dönüşte ters yönde hızlı hareket gözlenir. Hasta kendi etrafında dönüyormuş hissine kapılır. Bu his o kadar güçlüdür ki hasta koltuktan dahi düşebilir. Hastanın OKSN için gözlem yapmaya uygun tek test türüdür. [20]

Hastaya bağlanan elektrotlar sayesinde elektronistagmografi (ENG) ya da kamera görüntüleri sayesinde video nistagmografi (VNG) sonuçları elde edilir. Sistem maliyetinin yüksek, kapladığı alanın çok olmasına karşın, OKN ve OKSN ile ilgili en iyi sonuçlar bu cihazda elde edilir.[21]



Şekil 2.7 Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindir [22]

2.5.2 Işıklı Optokinetik Tetikleyiciler

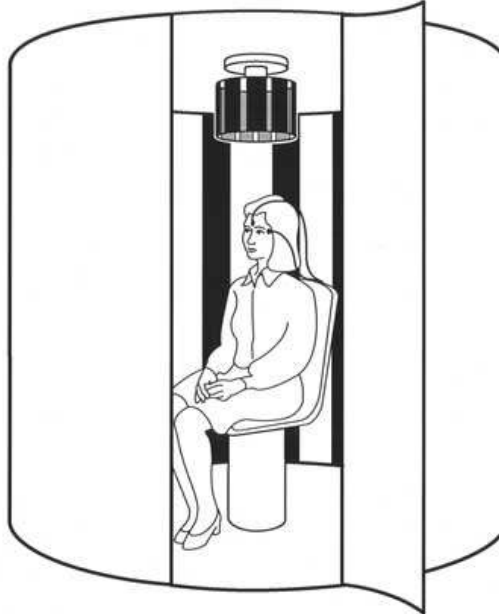
Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirle aynı prensiptedir fakat tam anlamıyla tüm görsel alanı uyarmaz. Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirden farklı olarak sistem içinde koltuk bulunan sabit bir silindirden oluşur. Silindir tepesindeki LED'ler sayesinde hareket eden ışık şeritleri oluşturulur. Sistem yavaş takip sistemini başarı ile uyarır.[23]

Şekil 2.8'de ışıklı optokinetik tetikleyici ve Şekil 2.9'da ışıklı optokinetik tetikleyici şematik görünümü görülmektedir.

Bu sistemde de hastaya bağlanan elektrotlar sayesinde elektro okülografi, elektronistagmografi ya da kamera görüntüleri sayesinde video nistagmografi sonuçları elde edilir.



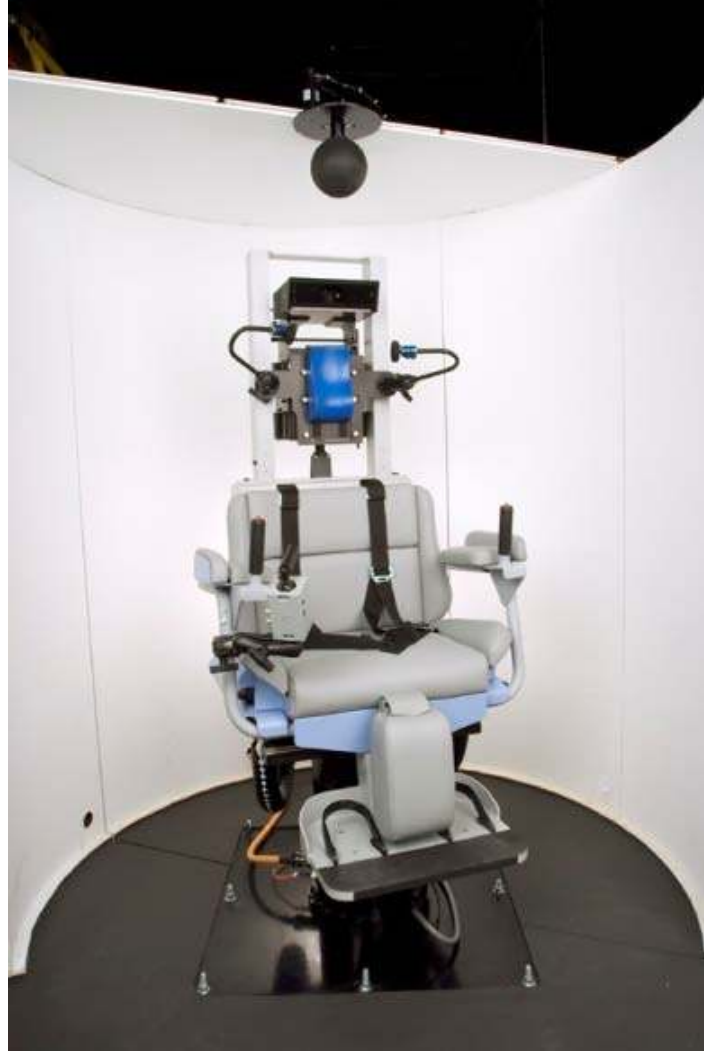
Şekil 2.8 Işıklı optokinetik tetikleyici [24]



Şekil 2.9 Işıklı optokinetik tetikleyici şematik görünümü [25]

2.5.3 Video İzdüşümlü Optokinetik Tetikleyiciler

Bu tür sistemlerde de içinde koltuk bulunan bir silindir bulunmaktadır, ışıklı olan sistemlerden farkı ise ışık kaynağı yerine video izdüşümü sistemi bulunmaktadır. Bu sistem nispeten ışıklı olan sisteme göre daha iyidir. Şeritlerin görünümü daha iyi ve nettir, fakat bu sistemde de tam anlamıyla tüm görsel alan uyarımı sağlanamaz. İnsan gözünün gösterilen imajın köşe noktalarına odaklanma ihtimali bir sorun yaratır. Şekil 2.10'da Video izdüşümlü optokinetik silindir görülmektedir. Bu sistemde de hastaya bağlanan elektrotlar sayesinde elektro okülografi, elektronistagmografi ya da kamera görüntüleri sayesinde video nistagmografi sonuçları elde edilir.[26]



Şekil 2.10 Video İzdüşümlü Optokinetik Tetikleyici (Silindir) [27]

2.5.4 Mekanik Optokinetik Silindirler

Optokinetik nistagmusu tetiklemek için doktorlar kliniklerde elle çevrilen mekanik silindirleri kullanırlar. Bu tüm görsel alanı tetiklemez, daha çok yavaş takip sistemini tetikler. Konverjans retraksiyon nistagmusunu da tetiklerler.[28] Kliniklerde kullanılan optokinetik silindirlere örnek olarak yetişkinler için olan silindir Şekil 2.11’de gösterilmiştir. Çocuklarda dikkati arttırmak için siyah beyaz şeritler yerine onların ilgisini çekebilecek resimli bir optokinetik silindir Şekil 2.12’de görülmektedir.



Şekil 2.11 Mekanik optokinetik silindir (yetişkin sürümü) [29]



Şekil 2.12 Çocuklarda kullanılan optokinetik silindir [30]

Mekanik optokinetik silindirler görme fonksiyonunu test etmek için kullanılırlar ve nispeten basit bir testtir. Silindir el yardımı ile çevrilir ve hastanın gözü önünde tutulur. Hastadaki sorunu tanımlamakta doktorun gözlem becerisi kullanılır, hastaya nicel veriler alınabilecek bir test yapılmaz. Silindir el ile çevrildiği için hızı ayarlanamaz.

2.5.5 Bilgisayar Destekli Optokinetik Tetikleyiciler

Bu tür sistemlerde hastadaki optokinetik nistagmus bir bilgisayar yazılımının oluşturduğu animasyon görüntüsü sayesinde tetiklenir. Tüm görsel alanı tetikleyebilmek için, animasyon görüntüsü hastanın gözüne takılan bir video gözlüğe gönderilir. Bu gözlükte bulunan iki adet kamera vasıtası ile gözlerin VNG si alınır.[31]

Şekil 2.13'te bilgisayar destekli optokinetik tetikleyici ve VNG sistemi gösterilmektedir.



Şekil 2.13 Bilgisayar destekli optokinetik tetikleyici ve VNG sistemi [32]

2.6 Optokinetik Nistagmusu Gözlemleyecek Sistemler

Bu bölümde optokinetik nistagmusun tetiklenmesinden sonra hastaya tanı koymayı sağlayacak elektronistagmografi (ENG), video nistagmografi, direkt kızıl ötesi okülografi, skleral bobin ve elektro okülografi sistemleri hakkında bilgi verilecektir. Bu testler göz ile ilgili çok detaylı bilgi sağlar, optokinetik nistagmus bu testlerin çok küçük bir kısmıdır.

2.6.1 Elektronistagmografi (ENG)

Elektronistagmografi (ENG) periorbital bölge cildine yerleştirilen elektrotlarla kornea ve retina arasındaki potansiyel farkı ölçülmesine dayanan bir testtir. ENG'yi oluşturan testler, hasta başında muayene sırasında yapılan testlere benzer. Aradaki fark nistagmusun görsel olarak değil de elektro okülografi ile kaydedilmesi ve nistagmusu oluşturan etkenlerin şiddetinin ölçülebilmesidir. [19]

Baş ve boyun hareketlerinin denetleyen vestibüler sistemden gelen bilgiler, beyin ve görme merkezi arasındaki sinirsel iletim sinyalleri ile birleştirilerek vestibülo oküler refleksin oluşumuna neden olur. Vestibüler ve okülomotor sistem ENG sayesinde nesnel olarak değerlendirilebilir.

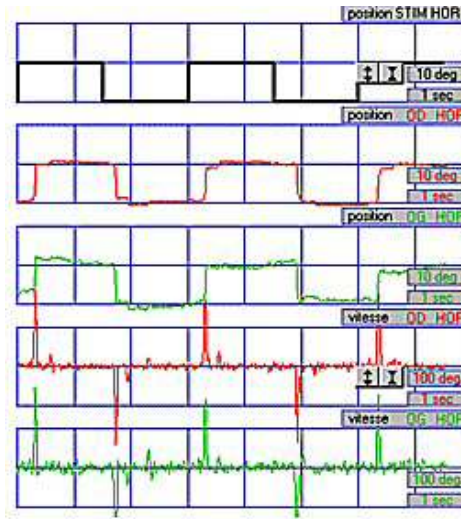
ENG kayıtları sırasında elektrotlar yatay göz hareketleri için her iki göz küresinin dış kantuslarına, dikey hareketler için pupilin alt ve üstüne yerleştirilir. Eğer her gözün hareketi tek tek kaydedilmek isteniyorsa izlenecek olan gözün hem iç hem de dış kantusuna elektrot konur. Burada elektrotları birleştiren çizginin pupilden geçmesi önemlidir. [19] Şekil 2.14'de ENG elektrotlarının yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 2.14 ENG elektrot yerleşimi [33]

ENG kaydı sırasında polarite farkı şu şekilde oluşur: Retinanın tam tersi bir şekilde göz sağa baktığında kornea sağa yaklaşırken soldaki elektrottan uzaklaşır, buda bir potansiyel farkın oluşmasına neden olur. Bu fark yükseltilerek kaydedilir. Gözlerin açık ya da kapalı olması kaydı etkilemez. Gözler tam orta hattayken kalem kartın ortasında bulunur. Gözler sağa veya sola doğru hareket ettikçe kalem de bu doğrultuda hareket eder. Uluslararası kurallara göre yatay göz hareketleri için sağa doğru bakışta kalem yukarıya doğru, sola doğru bakışta kalem aşağıya doğru hareket eder. Düşey göz hareketleri için kalem aynı doğrultuda hareket etmektedir.[19]

Şekil 2.15'te tipik bir ENG kaydı görülmektedir.



Şekil 2.15 ENG kaydı [34]

Aşağıdaki durumlarda ENG sonuçları önemli yer tutmaktadır.

1. Unilateral veya bilateral vestibüler hipofonksiyon şüphesinde
2. Okülomotor fonksiyon bozukluklarında
3. Meniere hastalığı ve endolenfatik hidropsta
4. Benign paroksizmal pozisyonel vertigoda

5. Rekürren vestibülopatide
6. Migrenle birliktelik gösteren sersemlik halinde

1830 yılında Flourens iç kulağı tahrip edilen güvercin ve tavşanlarda kontrol edilemeyen göz hareketleri gözlemlemiştir. [19]

1848 yılında Emil de Bois-Reymond kornea ve retina arasında potansiyel farkın varlığını göstermiştir. Retina negatif kornea pozitif yüke sahiptir, bu kornea retinal potansiyel olarak adlandırılmıştır. Elektro okülografi kornea retinal potansiyel farkın yardımı ile göz hareketlerinin kaydedilmesidir.

ENG'nin temelini, 1939 yılında Jung dizziness(sersemlik hali)'lı hastalarda vestibüler sistemi uyarak aldığı EOG kayıtları oluşturur. [19]

ENG kayıtları paligraf kayıt cihazları ile yapılırken 1980 den itibaren bilgisayarlı kayıt yapılmaya başlanmıştır. Bilgisayarla yapılan sayısal kayıtların saklanabilmesi değerlendirme ve analiz sırasında çok kolaylık sağlamaktadır. Sayısal kayıtlar sayesinde sinüzoidal takip, sakkad ve kalorik testlerin analizi ve de kişinin değişik frekanslardaki göz hareketlerinin istatistiksel karşılaştırılması mümkün olmaktadır. Sayısal kayıtlar teknisyen hatalarını da azaltmaktadır. Uygulanan ENG testinin de birtakım kısıtlamaları vardır. Rotatuar göz hareketlerinin EOG ile ölçülememesi nedeniyle testi yapan kişinin, hastanın göz hareketlerini direkt ya da hastaya Frenzel gözlükleri takarak gözlemesi önemlidir. Böylece özellikle pozisyon testi sırasında posterior kanal benign paroksizmal pozisyonel vertigosu kaçırılmamış olur. [19]

2.6.2 Video Nistagmografi (VNG)

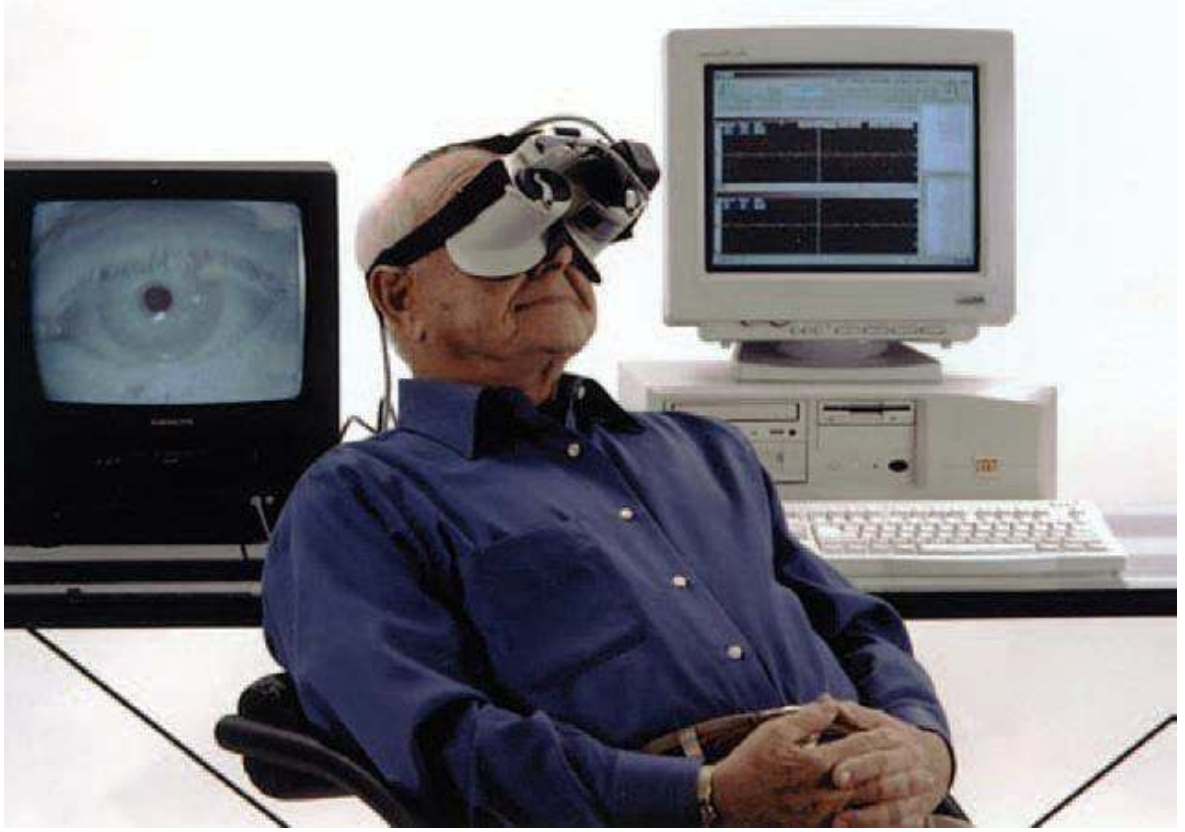
Burada yatay, dikey ve burulma göz hareketleri küçük video kameralarla gözlemlenmektedir. Sinüzoidal takip düz bakış ve sakkad testleri göz için hedef nokta oluşturan okülomotor bir parça ile sağlanmaktadır. Hastanın gözleri kızılötesi ışıkla aydınlatılmakta ancak hasta bunu görmemektedir. Şekil 2.16'da örnek bir VNG sistemi görülmektedir. Bu aydınlatma ile kamera kaydı ve görüntüleme sağlanmaktadır. Bu yöntemin avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtilmiştir.

Avantajları:

- Elektrot kullanılmaması nedeniyle işlem hatası oluşmaz.
- Sık ölçümlere gerektirmez.
- Dikey göz hareketleri doğru olarak kaydedilebilir.
- Burulma göz hareketleri gözlenebilir ve odaklanma baskılanması olmadan kaydedilebilir.
- Birleşik olmayan göz hareketleri daha kolay tanımlanabilir.
- Taşınabilir olması nedeniyle her yerde uygulanabilir.

Dezavantajları:

- Maliyeti yüksektir.
- Test sırasında özel gözlük takma zorunluluğu vardır. [19]



Şekil 2.16 VNG sistemi [35]

2.6.3 Direkt Kızıl Ötesi Okülografi

Kızılötesi ışın parçacıklarının göz yüzeyinden yansımaları sırasında iris ve sklera arasındaki fark ölçülür. Gözlerin test sırasında sürekli açık kalmasını ve uygulayan kişinin teknik ustalığını gerektirdiğinden duyarlı bir test olmasına rağmen çok tercih edilmemektedir. [19]

2.6.4 Skleral Bobinler

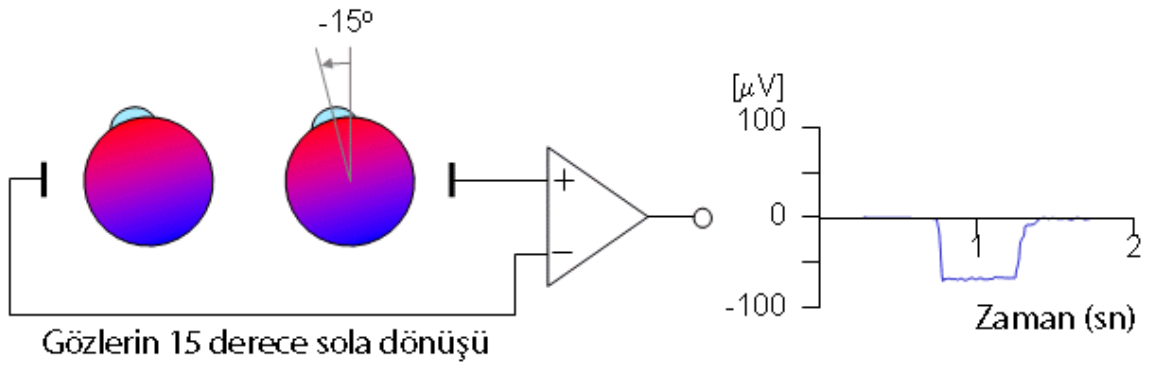
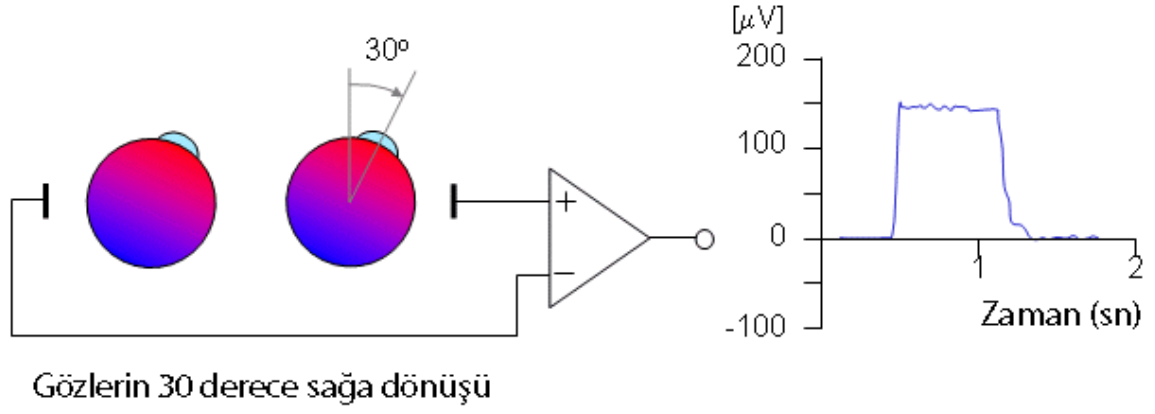
Bu test manyetik alanda hareket eden bobinin potansiyel fark oluşturmaları prensibine dayanır. Test sırasında silastik bir halka içine konan ince bir tel kullanılır. Bu testle göz hareketleri 3 boyutlu (dikey, yatay, burulma) olarak çözümlenebilir. Hastaların adaptasyon güçlüğü ve kontak lens uygulama zorunluluğu testin pratikte çok fazla kullanılmamasına neden olmaktadır.[19]

2.6.5 Elektro Okülogram (EOG)

Emil de Bois-Reymond (1848) göz korneasının gözün arka tarafına göre pozitif olduğunu bulmuştur. Bu potansiyel fark ışık varlığı ve yokluğundan etkilenmediği için dinlenme potansiyeli olarak kabul edilmiştir. Aslında bu tam sabit değildir yavaşça değişen bir sinyaldir.

Bu kaynak retinadan kornea olan tek bir dipol gibi hareket eder. Bu tür kornea retinal potansiyellerin varlığı ispatlanmış ve de 0,4mV ile 1,0mV arasında olduğu gözlemlenmiştir. Gözlerin hareketleri hareket eden bir dipol kaynağı oluşturur dolayısıyla da gözlerin hareketleri ölçülebilir. EOG'nin ana uygulaması gözlerin hareketlerini göstermektir. Şekil 2.17'de sağ ve sol gözün dışına yerleştirilen bir çift elektrodan yatay hareket sırasında alınan sinyali göstermektedir. Gözler dinlenme halindeyken elektrotlar aynı potansiyelde oldukları için hiçbir potansiyel fark okunmaz. Gözün sağa doğru olan hareketi bir potansiyel farka neden olur, hareketin yönündeki elektrot diğer elektrotta göre daha pozitif olur (Normalde potansiyel fark açının sinüsü ile orantılı olur). Sola bakışta meydana gelen durumda Şekil 2.17'de gösterilmiştir. Sinyalin ölçülmesi hastanın birinden açısal olarak uzaklığı bilinen iki farklı noktaya bakması ve beraberinde EOG kaydının yapılması ile sağlanabilir. Sağlanabilen tipik keskinlik $\pm 2^\circ$ ve en yüksek dönme $\pm 70^\circ$ dolayındadır. Fakat doğrusallık 30° 'nin üzerindeki açılarda oldukça kötüleşir. Tipik sinyal değerleri $5-20\mu V/^\circ$ dolayındadır.

EOG'nin göz hareketlerini algılamada avantajları ve dezavantajları mevcuttur. En büyük dezavantajı kornea retinal potansiyelin sabit olmayıp, yavaş bir şekilde değişmesidir. Sıklıkla bir ölçüleme ihtiyacı vardır. Ek zorlukları da kaslarda oluşan sorunlar ve metodun doğrusal olmayışdır. Avantajları hastaya olan bağlantının azlığı ve hastayı çok az rahatsız etmesidir. Daha da ötesi metodun tam karanlıkta ve hastanın gözünün kapalı olduğu durumlarda uygulanabilir olması büyük avantajdır.[36]



Şekil 2.17 Gözlerin sağa ve sola dönüşünde alınan EOG kaydı [36]

3 MATERYAL VE METOD

Tasarlanan optokinetik nistagmus sistemi, donanım ve yazılım olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Optokinetik nistagmusu tetiklemeye yardımcı bir animasyon tasarımı ve bunun web sitesi uygulaması da optokinetik nistagmus sistemi tasarımına ek olarak düşünülmüştür. Bu bölümlere ait yapılan araştırma ve tasarım çalışmaları aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

3.1 Donanımın Tasarlanması

Bu bölümde sistemin donanım bileşenleri hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir. Cihazın kutusu ve optokinetik silindir ve de elektronik devre tasarımı hakkında detaylı bilgiler bu bölümün konusu içerisinde.

3.1.1 Cihaz Kutusu ve Optokinetik Silindir

Cihaz tasarımı yapılırken hastane şartları dikkate alınarak darbelerden kolay etkilenmeyecek sağlamlıkta bir kutu düşünülmüş ve 1mm kalınlığındaki saçtan yapılmıştır. Kutu rengi hastanedeki diğer cihazlara uyumlu olması için kırık beyaz seçilmiştir. Cihazın denetleme paneli olarak ön taraf düşünülmüş ve cihaz çalışma durumunu göstermek ve daha görsel hale getirmek için 128x64 piksel çözünürlüğe sahip, arka ışığı mavi olan, SHENZEN AV-DISPLAY CO. marka, ABG128064A15-BIW-R model LCD kullanılmıştır. Ön panelde silindirin dönüşünü denetlemek için renk kodlu düğmeler kullanılmıştır.

Düğmelerin işlevleri sırası ile

- Yeşil renkli “Hız+” düğmesi: Silindirin dönüş hızını artırır.
- Siyah renkli “Hız-“ düğmesi: Silindirin dönüş hızını azaltır.
- Mavi renkli “Yön” düğmesi: Silindirin dönüş yönünün değiştirilmesine yarar.
- Kırmızı renkli “Başlat/Durdur” düğmesi: Silindirin dönerken durdurulmasını, dururken çalıştırılmasına yarar.

Cihazın ön panelinin fotoğrafı Şekil 3.1’de görülmektedir. Ön panel kullanımı kolaylaştırmak ve LCD deki görüntünün net olarak görülmesini sağlamak için özellikle eğimli tasarlanmıştır.

Cihaz kutusunun arka paneli Şekil 3.2’de görülmektedir. Arka panelde açma/kapama düğmesi, bilgisayar bağlantısı için RS-232 bağlantı noktası, LCD karışıklığının ayarlanması için bir düğme ve de güç 12V/DA güç kaynağı bağlantı noktası bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Cihazın ön panel görüntüsü

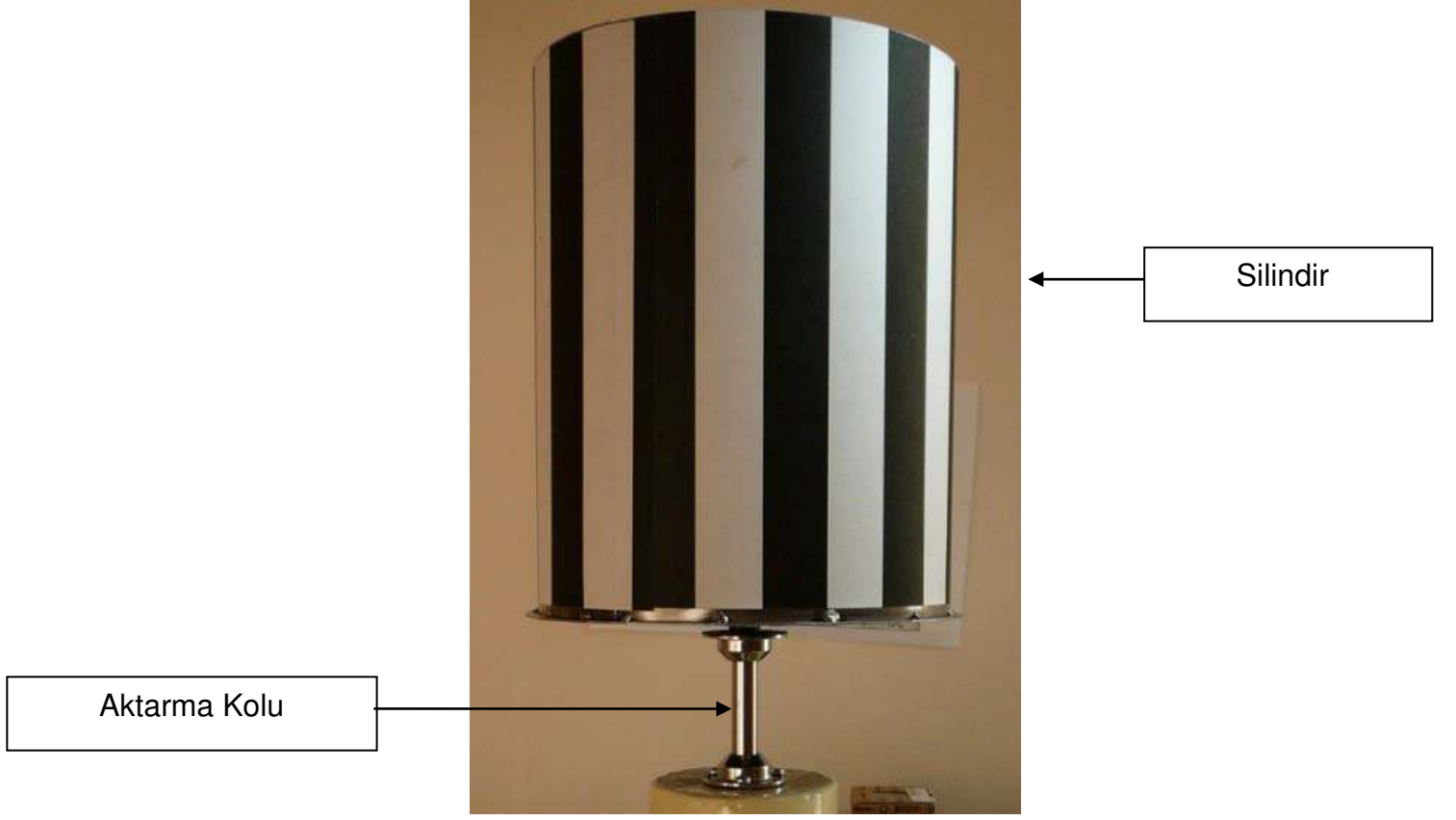
Optokinetik silindir kutusu 250mm yükseklikte, 200mm çapı olan bir silindirik yüzeydir. Üzerindeki her bir şeridin yüksekliği 245mm genişliği 28,5mm’dir. Silindir üzerinde 11 adet siyah 11 adet beyaz şerit bulunmaktadır. Silindir 1mm kalınlığındaki saçtan imal edilmiş olup dış etkenlere karşı oldukça dirençlidir. Silindirin üst yüzeyi açık bırakılmıştır.

Silindirin motorla arasındaki aktarma kolu silindirin ağırlığının motordan almak üzere tasarlanmış ve üretilmiştir. Aktarma kolu silindir ağırlığını cihaz kutusu üzerine aktarmaktadır. Aktarma kolunun dönen mili silindire merkez noktasından bağlıdır. Mil motora direkt bağlı değildir, merkezlemeyi ve kendi balansını kendi bulması için mil ve motor redaktöründen çıkan aktarma kolları delinmiş ve iki adet pim yardımı ile bir birine gevşek bir şekilde bağlanmıştır. Silindir ve aktarma kolu görüntüsü Şekil 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3.2 Cihazın arka panel görüntüsü

Gözün şeritleri takip edebilmesi için silindirin yavaş dönmesi gerekmektedir. Dolayısıyla en yüksek hızı 92,6ddk'ya redaktörle indirgenmiş Nidek Servo Co. marka, DME34B50G model motor cihaza bağlanmıştır. Motorun bağlanmış halinin görüntüsü Şekil 3.4'de görülmektedir. Cihazın tamamlanmış görüntüleri sırası ile önden Şekil 3.5'te, yandan Şekil 3.6'da, arkadan Şekil 3.7'de görülmektedir.



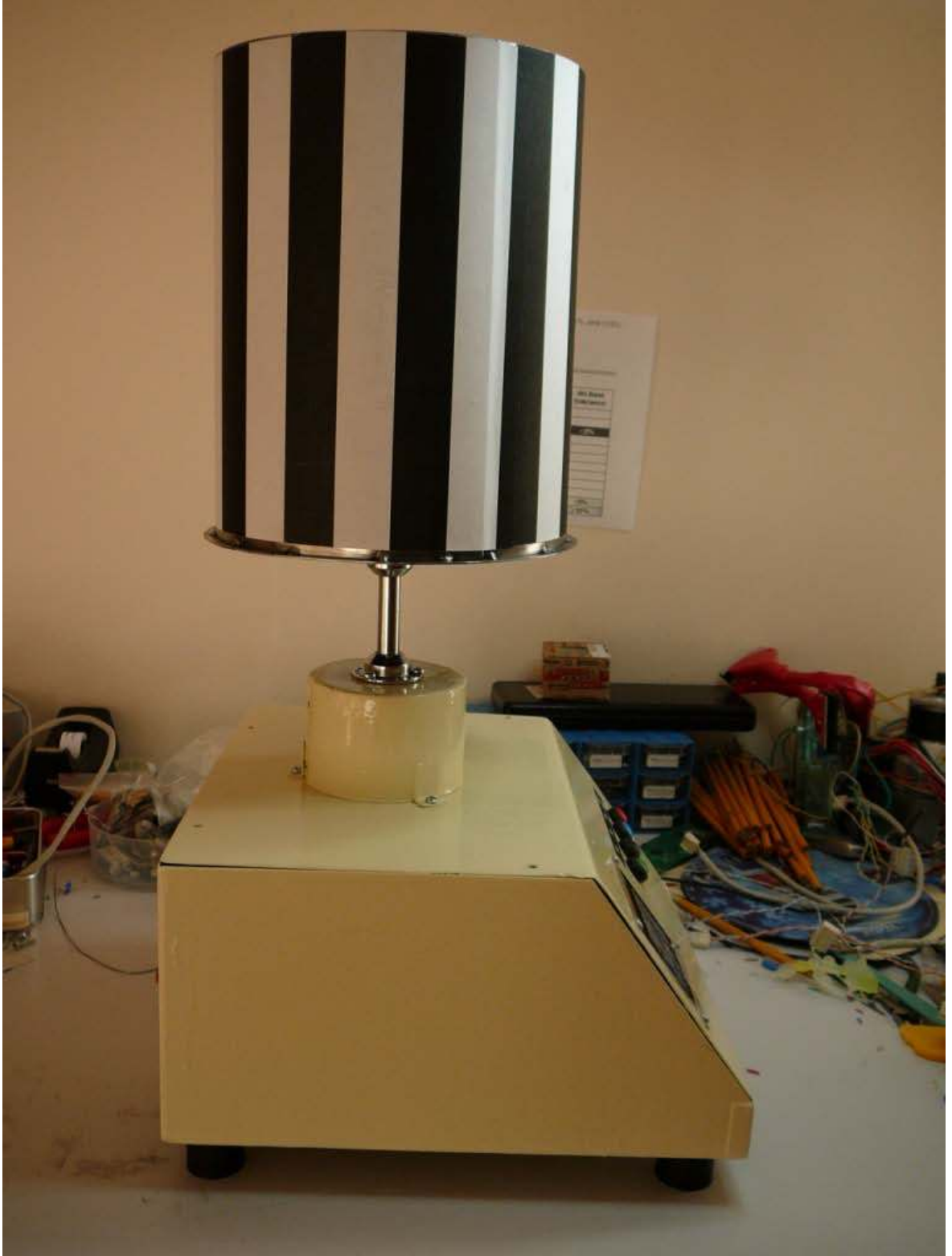
Şekil 3.3 Silindir ve aktarma kolu görüntüsü



Şekil 3.4 Motorun cihaza bağlanmış görüntüsü



Şekil 3.5 Cihazın önden görünüşü



Şekil 3.6 Cihazın yandan görünüşü



Şekil 3.7 Cihazın arkadan görünüşü

3.1.2 Donanımda Kullanılan Elektronik Devreler

Cihaz tasarımı yapılırken, cihazın hem kendi başına çalıştırılması hem de bilgisayarla eş zamanlı denetlenmesi düşünülmüştür. Aynı zamanda uzun süre çalışmasına olanak tanıyacak bir şekilde yapılması ön görülmüştür. Buna bağlı olarak elektronik devreler, uzun sürede çıkabilecek sorunlara karşı tamiri kolaylaştırmak ve de tamir maliyetini düşürmek amacıyla üç parça şeklinde tasarlanmıştır.

Bu parçalar:

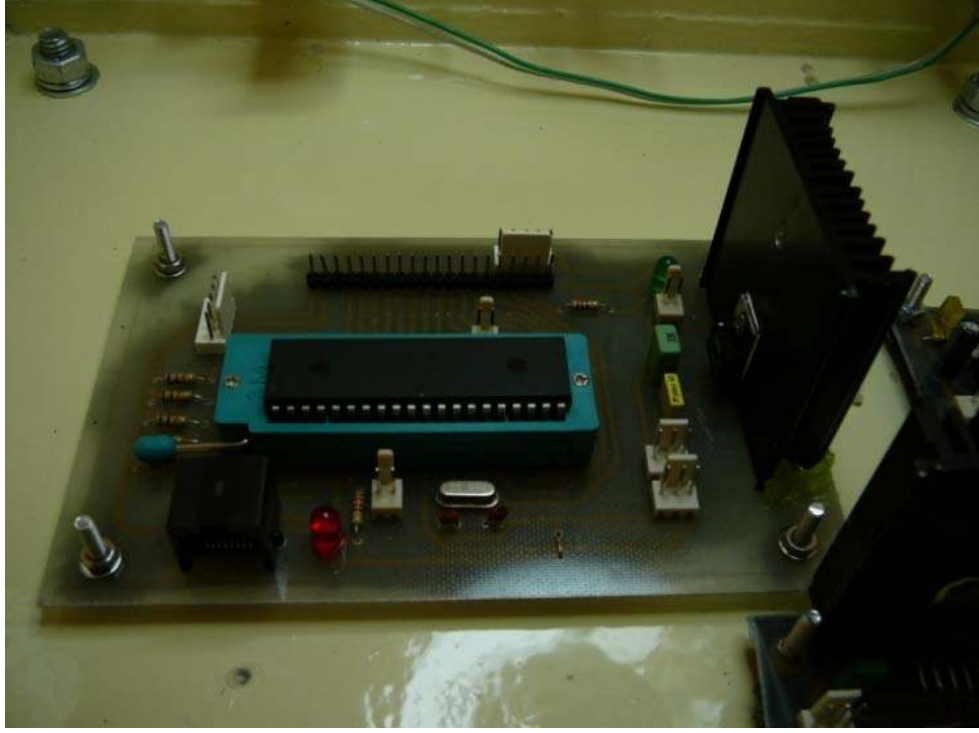
- Merkezi denetleme ünitesi
- Motor sürücü uydusu
- Seri bağlantı uydusu

şeklinde sıralanabilir.

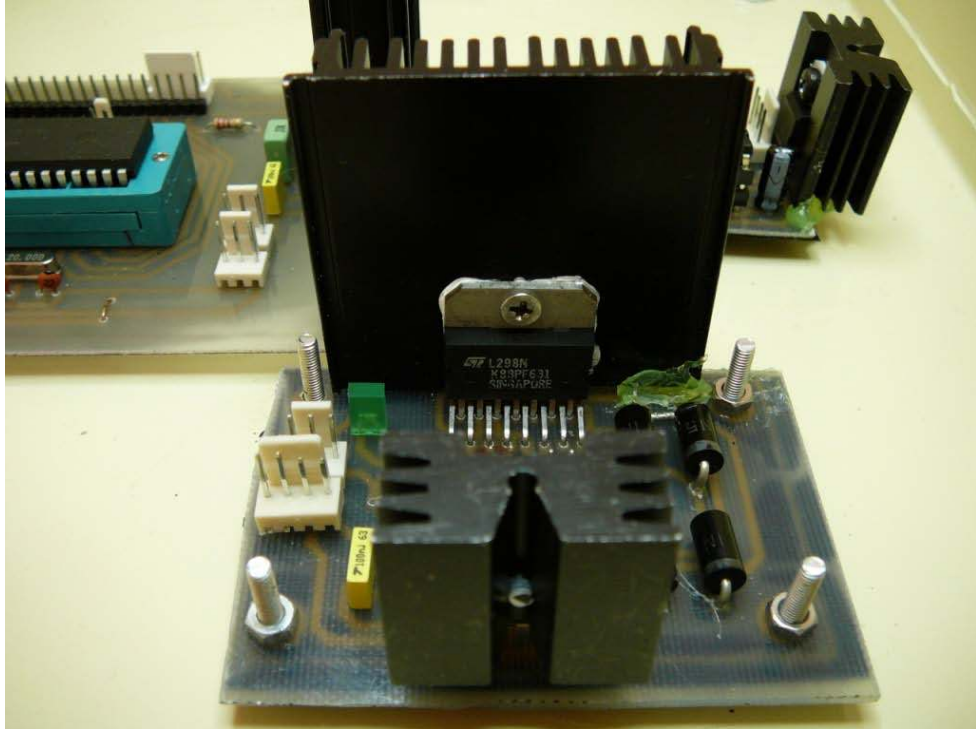
Merkezi denetleme ünitesinde (Şekil 3.8) denetleme 20MHz saat frekansında çalışan Microchip marka, PIC 16F877A model işlemci ile yapılmaktadır. Sistem denetimin tümü merkezi denetleme ünitesi tarafından yapılmaktadır. Bu ünite aynı zamanda LCD görüntü birimine direkt çıkış vermektedir. Diğer uydulara bağlantı kablolar sayesinde sağlanmaktadır. Cihazın gücü dış bir 12V/DA, 2,5 A kaynaktan sağlanmaktadır.

Motor sürücü uydusu (Şekil 3.9) motorun denetimini yapmak amaçlıdır. Bu uyduda kullanılan ST - L298 entegresi motoru çift yönlü denetlemektedir. Kendi regülatörü uydu üzerindedir.

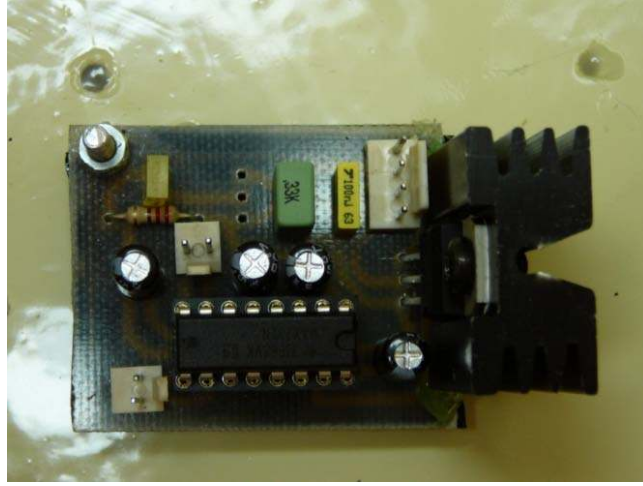
Seri bağlantı uydusu (Şekil 3.10) üzerinde kendi regülatörü vardır ve MAX232 entegresi ile bilgisayar bağlantısı sağlanır.



Şekil 3.8 Merkezi Denetleme Ünitesi



Şekil 3.9 Motor Sürücü Uydusu



Şekil 3.10 Seri Bağlantı Uydusu

3.2 Elektronik Devreler için Ayrıntılı Bilgi

Bir önceki bölümde donanımda kullanılan elektronik devrelerin nelere yaradığı hakkında ön bilgi verilmiştir bu bölümde tasarlanan elektronik devreler ile ilgili ayrıntılı bilgi verilecektir. Bu kapsamda kullanılan kilit malzemeler, devre tasarımları ve devre şemaları gösterilecektir.

3.2.1 Merkezi Denetleme Ünitesi

Bu ünitenin amacı sistemle ilgili her şeyi denetlemektir. Görevleri şu şekilde sıralanabilir.

1. LCD ünitesinin denetlenmesi
2. Düğmelerden gelen bilginin algılanması ve işlenmesi
3. Motorun denetlenmesi
4. Bilgisayara veri gönderilmesi
5. Bilgisayardan gelen verilerin işlenmesi

Sistemde Microchip marka, PIC 16f877A model entegre denetlemeyi sağlamaktadır. Merkezi denetleme ünitesi 16f877A için gerekli 5V'luk çalışma

voltajını ST-7805 regülatörü üzerinden alır. Regülatör 12V giriş voltajının 5V'a regülasyonunu sağlar. Regülatörün fazla ısınıp çalışma karakteristiğinin değişmemesi için üzerine alüminyum soğutucu blok takılmıştır. Regülatörün bacaklarına bağlı olan 0,1 μ F ve 0.33 μ F'lık kondansatörler sistemde oluşabilecek voltaj dalgalanmalarını yok etmek için konulmuştur. Regülatörün 5V veren bacağına bir LED direnç ile seri bağlanarak konulmuş bu sayede sistemde enerjinin geldiğine dair bir görsel denetleme mekanizması oluşturulmuştur. Mikro denetleyicinin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacı ile bir bağlantı noktasına LED ve akım sınırlaması için ona seri bağlı olan bir direnç bağlanmış bu sayede sistem tekrar başladığında LED'in bir saniye süre ile yanması ile mikro denetleyicideki sorunları görsel olarak yakalamak hedeflenmiştir. LCD denetimi mikro denetleyicinin on üç bacağına kullanılmaktadır. Ön paneldeki düğmelere basıldığında düğmenin bağlı olduğu bacak toprağa (0V) çekilir. Mikro denetleyici yazılımında düğmelerin kullanılma durumu düğmenin bağlı olduğu bacağının toprağa çekilmesi durumudur. Düğmelerin bağlı olduğu bacaklar düğmeler basılı olmadığı durumda ucuna bağlı olan akım sınırlayıcı direnç üzerinden 5V gerilim ile beslenir.

Seri bağlantı için mikro denetleyicinin iki adet bacağı kullanılmaktadır. Bunların bir tanesi verinin gönderildiği bacak olan TX diğeri verinin alındığı bacak olan RX bacağıdır. Bu bacaklar CONN-SIL2 (RS-232) sokete bağlanmıştır. Bu sokete takılan ikili iletim kablosu ile seri bağlantı uydusuna sinyaller aktarılır.

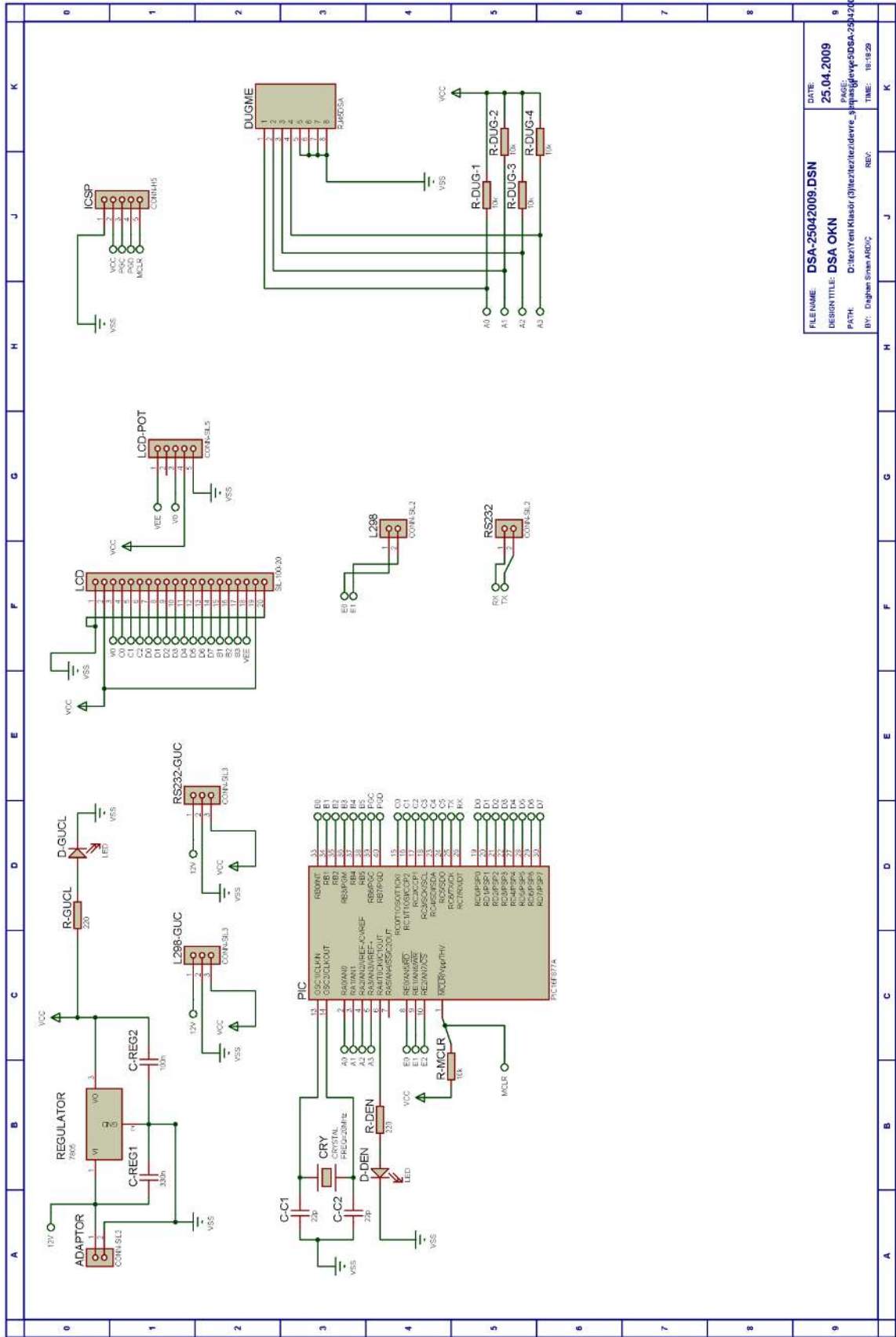
Mikro denetleyiciden çıkan diğeri bir iki bacak motoru sürmek için kullanılır. Bu bacaklar da CONN-SIL2 (I298) sokete bağlıdır. Motor sürücü uydusuna bu sokete bağlanan ikili iletim kablosu ile denetleme komutları gönderilir.

Mikro denetleyici yazılımı CCS PICC'de yazılmıştır. Motoru sürmek için mikro denetleyicinin kendi donanımsal darbe genişlik kiplemesi (DGK) bacakları kullanılmamış yazılımsal bir yöntemle DGK sağlanmıştır. DGK kullanılmasıdaki amaç motorun hızını ayarlamaktır.

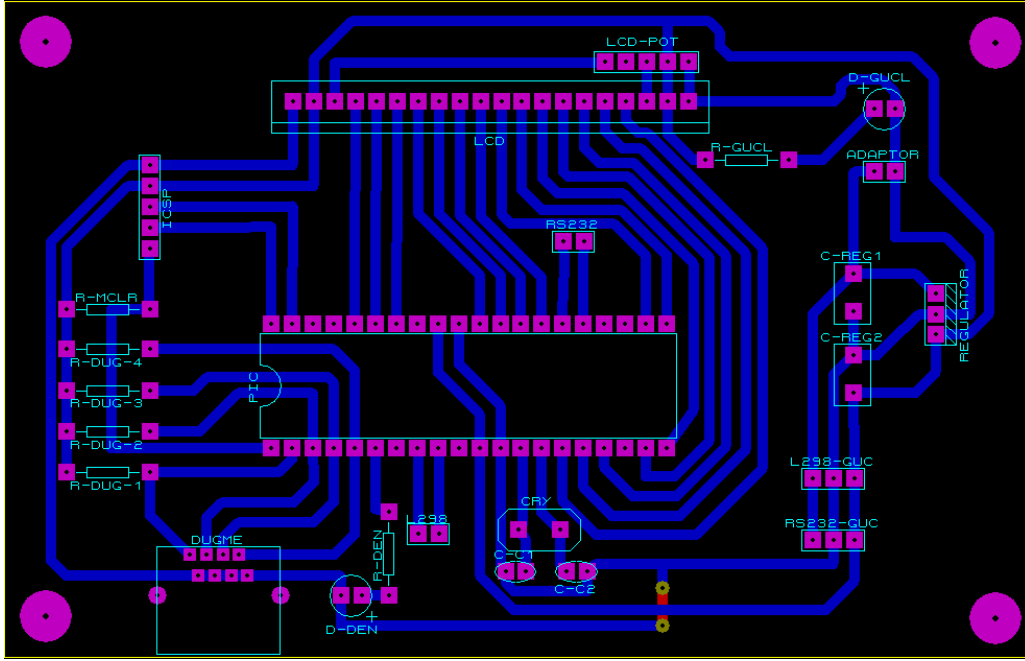
Merkezi denetleme ünitesinin şematik görüntüsü Şekil 3.11'de bulunmaktadır. Yapılan baskı devrenin görüntüsü Şekil 3.12'de, devrenin basılmış ve elemanlarının yerleştirilmiş hali Şekil 3.13'te bulunmaktadır.

Şematik çizimler ve baskı devre Labcenter Electronics firmasına ait Proteus 7,4 sp3'de yapılmıştır.

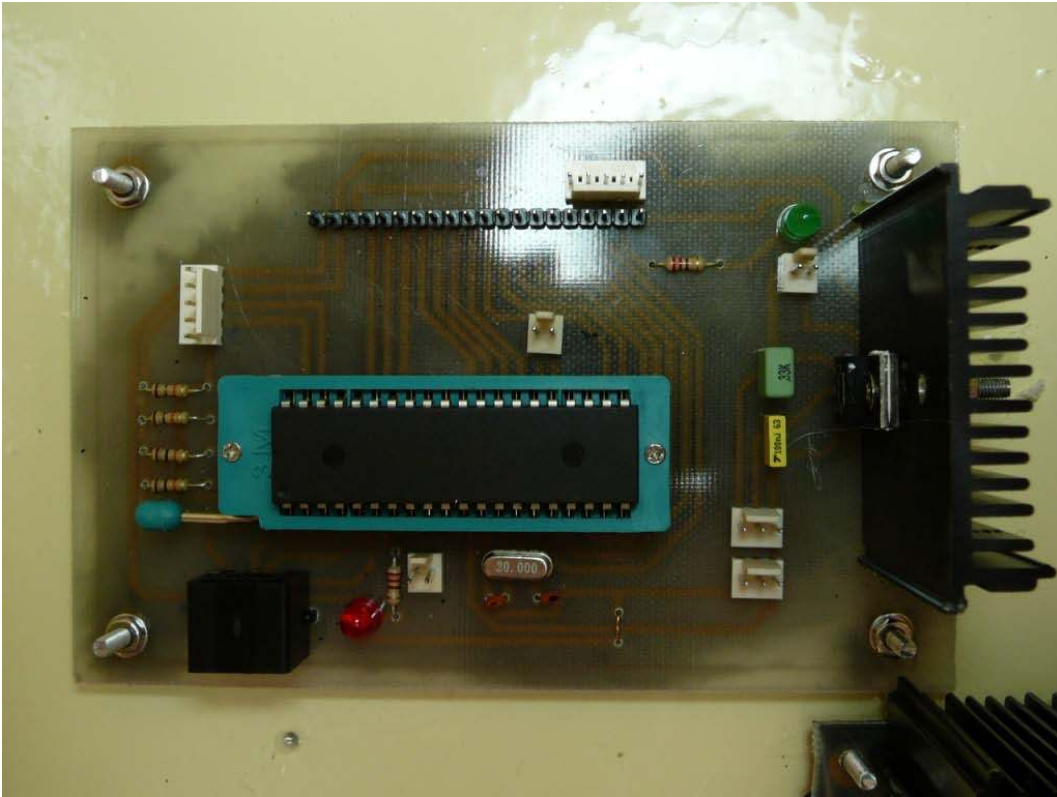
Mikro denetleyicin yazılımını yüklemeyi kolaylaştırmak ve yazılımda hızlı değişiklikler yapabilmek için devre içi seri programlama (DİSP) gerçekleştirilmiş ve gerektiğinde bağlantı sağlayabilmek için CONN-SIL5 (ICSP) soketi devreye konulmuştur.



Şekil 3.11 Merkezi denetleme ünitesi şematik çizim görüntüsü



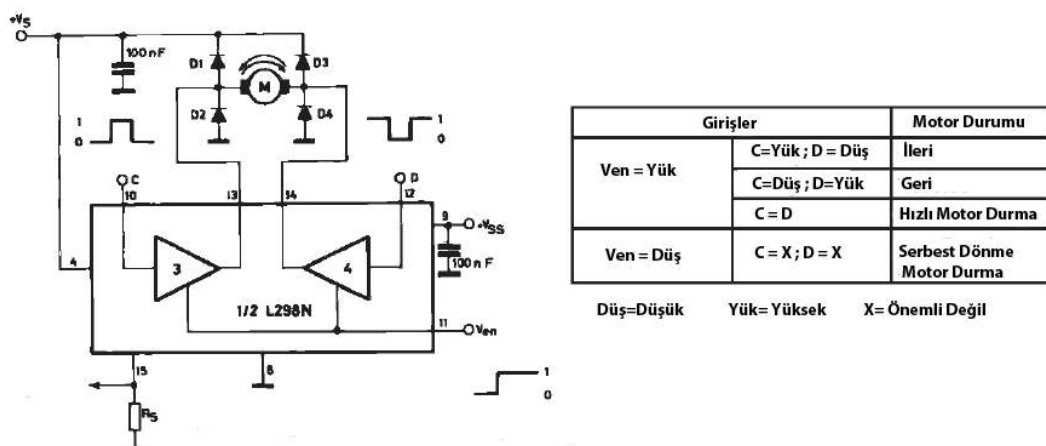
Şekil 3.12 Merkezi denetleme ünitesi baskı devre görüntüsü



Şekil 3.13 Merkezi denetleme ünitesi fotoğrafı

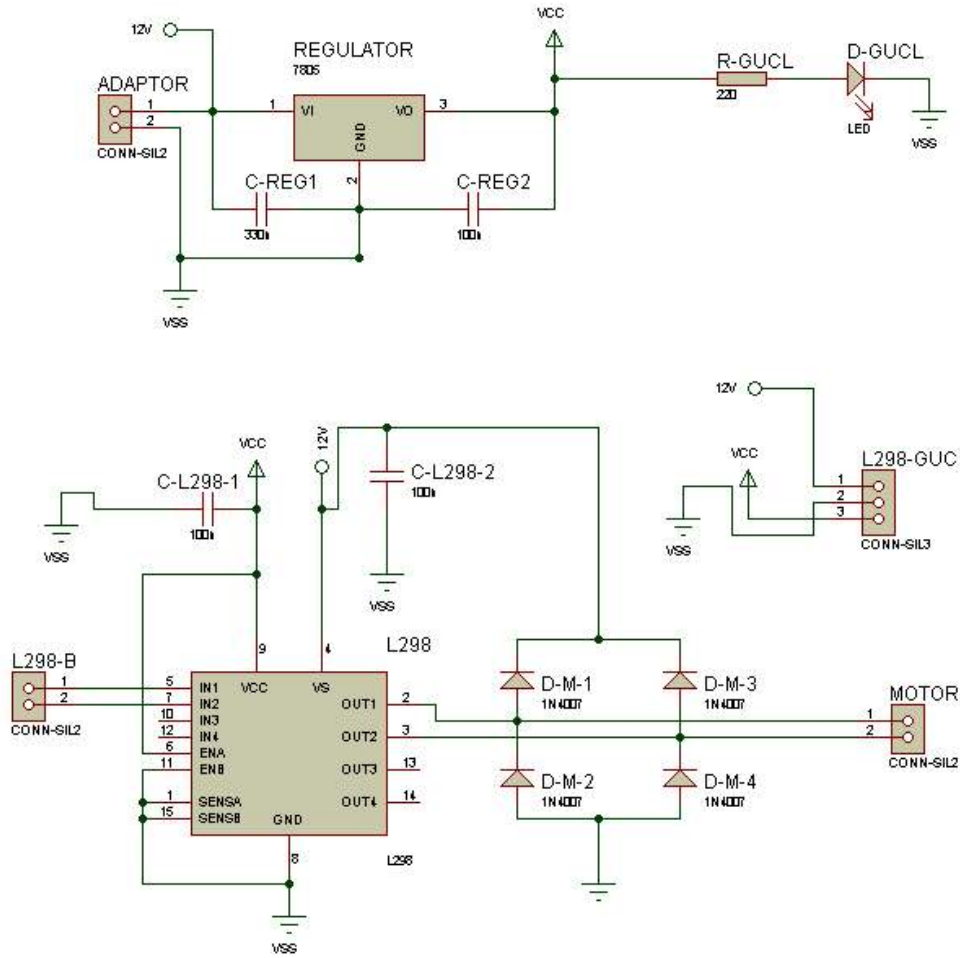
3.2.2 Motor Sürücü Uydusu

Motor sürücü uydusu motor denetimini sağlamak için tasarlanmıştır. Uydu tasarımına gitmekteki amaç sistem sorunlarının denetimini kolaylaştırmak, tamir gerektiren durumları daha az maliyetli hale getirmektir. Motoru çift yönlü denetlemek için bir H-köprüsü entegresi olan ST marka, L298 model motor sürücü entegresi kullanılmıştır. Geri elektro motor kuvvet sonucunda doğan potansiyellerle diğer entegrelerin zarar görmesinin engellemek için 4 adet şoltki diyot L298 entegresi bacaklarına bağlanmıştır. Sistemin şematik çalışma prensibi Şekil 3.14’de görülmektedir. L298 entegresi şu mantıkla çalışır, V_{en} entegreyi açma kapama potansiyelidir, eğer V_{en} 0.3V ile 1.5V arasında ise entegre kapalıdır, eğer V_{en} 2.3V ile BV (Besleme Voltajı) arasında ise entegre açıktır. Entegrenin C (onuncu bacak) bacağına yüksek potansiyel (2.3V’dan yüksek bir potansiyel), D bacağına düşük potansiyel (1.5V’dan küçük bir potansiyel) verilirse, motor ileri (Şekil 3.14’e göre saat yönünde) yönde dönmeye başlar. Eğer C bacağına düşük potansiyel, D bacağına yüksek potansiyel verilirse motor geri yönde dönmeye başlar (Şekil 3.14’e göre saat yönü tersinde). C ve D ye eşit potansiyel uygulanırsa motor hızlı şekilde durur. Motor çalışması sırasında V_{en} ’e düşük potansiyel uygulanırsa motor serbest dönme ile durur.

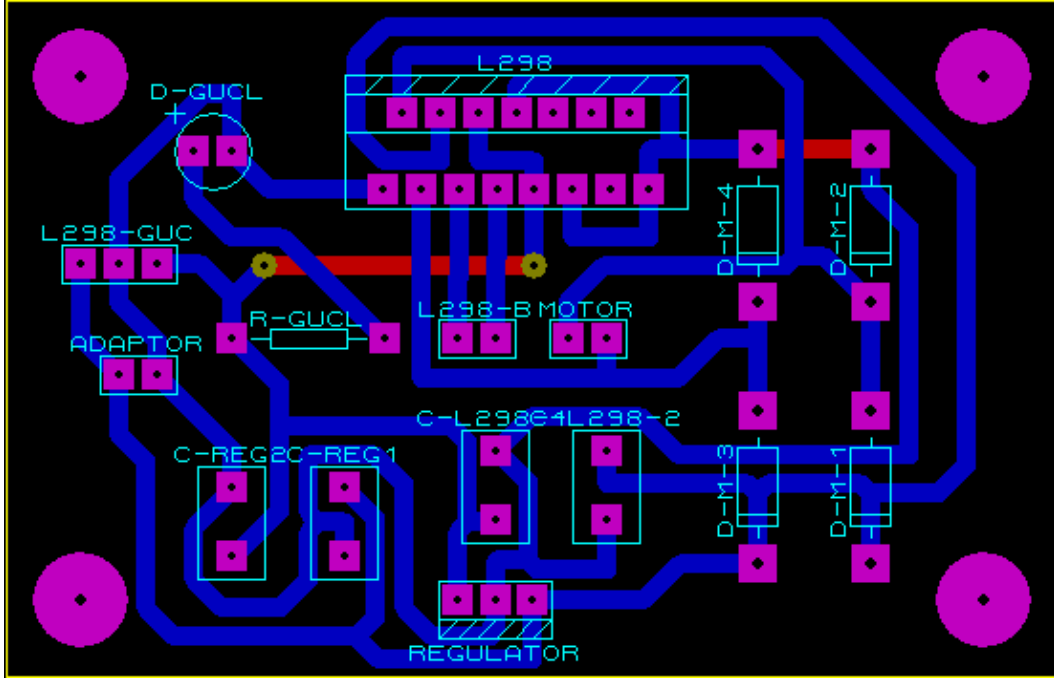


Şekil 3.14 L298 entegresi ile kurulan devrenin şematik çalışma prensibi

Tasarlanan devrede V_{en} 'e hep yüksek potansiyel uygulanmaktadır. Motorun dönmesi kontrol eden bacaklarda (5 ve 7 numaralı bacak) CONN-SIL2 soketi vardır ve merkezi denetleme ünitesinden gelen ikili iletim kablosu bu sokete takılır. L298 entegresinin mantık işlem voltajı 5V'tur. Bu devre üzerinde bulunan L7805 regülatörle sağlanır. Regülatörün üzerinde soğutma bloğu vardır. L298 entegresi üzerine de soğutma bloğu takılmıştır. Motor 12V/DA ile sürülmektedir. Motor sürücü uydusunda enerjinin gelip gelmediğini görsel olarak denetlemek için regülatörün 5V veren bacağına dirençle seri bağlı LED bağlanmıştır. Motor sürücü bacaklarına da (2 ve 3 numaralı bacak) CONN-SIL2 soketi bağlıdır. Motordan gelen iki kablo bu soketlere bağlanır. Motor dönüş hızı yazılımsal olarak denetlenir. Motor sürücü uydusunun şematik tasarımı Şekil 3.15'te, baskı devre görüntüsü Şekil 3.16'da, gerçekleştirilmiş hali Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3.15 Motor sürücü uydusu şematik görünümü



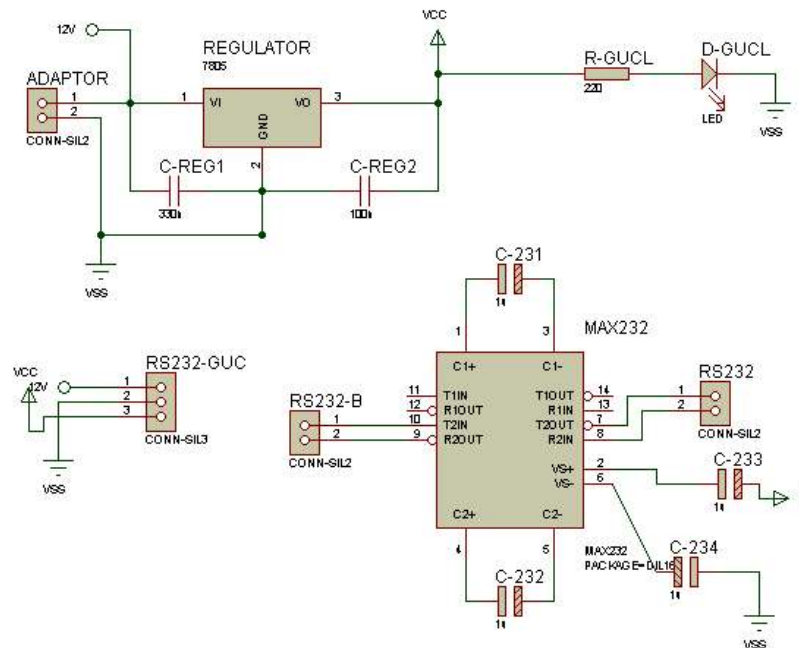
Şekil 3.16 Motor sürücü uydusu şematik görünüm



Şekil 3.17 Motor sürücü uydusu fotoğrafı

3.2.3 Seri Bağlantı Uydusu

Sistemin bilgisayarla denetlenmesi için mikro denetleyici ile bilgisayar arasındaki bağlantıyı sağlayan uydudur. Uydu tasarımına gitmekteki amaç sistem sorunlarının denetimini kolaylaştırmak, tamir gerektiren durumları daha az maliyetli hale getirmektir. Uydu üzerinde voltajı 5V'a indirgeyen 7805 regülatörü bulunmaktadır. Diğer ünitelerde olduğu gibi bir güç denetim LED'i regülatörün 5V bacağına akım kısıtlayıcı seri direnç ile bağlanarak görsel enerji denetimi sağlanmaktadır. Bilgisayarla haberleşme MAXIM marka, MAX232 model entegre üzerinden yapılır. Bu entegrenin amacı voltaj seviyelerini seri bağlantı iletişimi için gereken 12V/DA düzeyine çekmektir. Merkezi denetleme ünitesinden gelen ikili seri iletişim kablosu CONN-SIL2 soket üzerinden MAX232'ye bağlanır. MAX232'nin çıkış RX ve TX bacağı ikili iletişim kabloları ile dokuz pimli D-SUB konektörünün ikinci ve üçüncü bacağına bağlanır. MAX232 entegresinin sistemdeki tek görevi seri iletişimdeki voltaj seviyelerini ayarlamaktır. Geri kalan işi merkezi denetleme ünitesi halleder. Seri iletişim uydusunun şematik görüntüsü Şekil 3.18'de, baskı devre görüntüsü Şekil 3.19'da, gerçekleştirilmiş hali Şekil 3.20'de görülmektedir.



Şekil 3.18 Seri bağlantı uydusu şematik görünüm

3.3 Optokinetik Nistagmus Sistemi Bilgisayar Yazılımı

Bu bölümde oluşturulan optokinetik nistagmus sistemi için gerçekleştirilen denetim yazılımı hakkında bilgiler verilecektir.

Sistem denetimini yapan yazılım Microsoft® C# da yazılmıştır. Denetim yazılımı tasarlanırken sistemin denetim panelinin baskılaması engellenmiştir. Sistem eş zamanlı olarak hem bilgisayardan hem de paneldeki düğmelerden denetlenebilmektedir. Bilgisayar yazılımının görüntüsü Şekil 3.21’de verilmektedir. Bilgisayar denetim yazılımı yapılırken cihaz üzerindeki düğme renk kodlarıyla aynı düğme renk kodları seçilmiştir. Amaç kullanıcı dostu bir yazılım olmasıdır. Kullanıcı cihaz üzerinde sistemi nasıl denetliyorsa yazılım üzerinden de sistemi o şekilde denetlemektedir. Cihaz üzerindeki LCD’de olduğu gibi silindirin dönüş yönünü, hızını ve durumunu göstermek için bilgisayar yazılımında da LCD ile aynı renkte bir görsel alan oluşturulmuştur. Bu görsel alanda cihaz üzerindeki LCD’de görünen bilgiler aynı düzende görülmektedir. Yazılım penceresi her zaman üste olacak şekilde tasarlanmıştır. Amaç sistem çalışırken başka bilgisayar yazılımı pencerelerinin denetim penceresinin önüne geçmesinin engellemektir. Bilgisayar üzerinden denetimi sağlamak için cihazı herhangi bir anda arkasındaki RS-232 seri bağlantı noktasından, uygun seri bağlantı kablosuyla, bilgisayar üzerindeki seri bağlantı noktalarından birine bağlamak yeterli olacaktır.



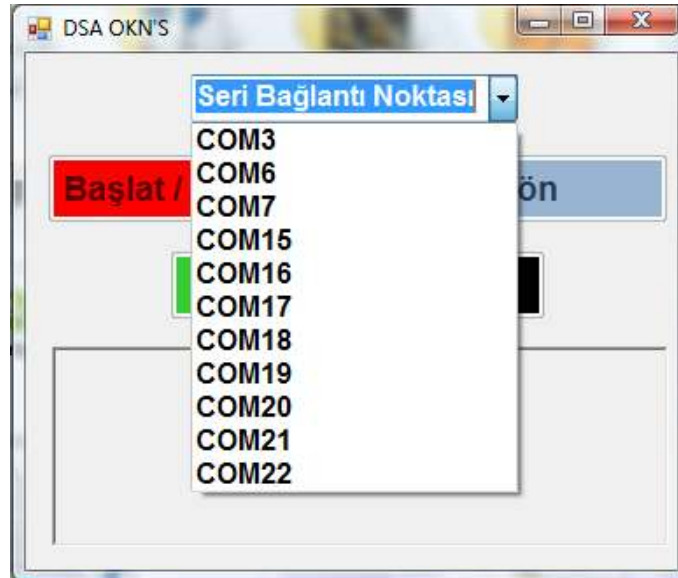
Şekil 3.21 Bilgisayar denetim yazılımı (DSA OKN'S)

Seri bağlantı sağlandıktan sonra bilgisayar yazılımının kullanım yönergesi aşağıdaki gibidir:

1. Cihazın bağlı olduğu seri bağlantı noktası yazan aşağı inen menüden seçilir. Şekil 3.22’de seri bağlantı noktası menüsü, Şekil 3.23’te seri bağlantı noktasının seçimi gösterilmektedir.



Şekil 3.22 Seri bağlantı noktası menüsü



Şekil 3.23 Cihazın bağlı olduğu seri bağlantı noktasının seçimi

2. Seri bağlantı noktası seçimi yapıldıktan sonra denetim tuşları ve cihaz durumunu gösteren görüntü alanı çalışır duruma geçer. Bu durum Şekil 3.24’de görülmektedir.



Şekil 3.24 Sistemin çalışır duruma geçmiş görüntüsü

3. Denetim yazılımı çalışır duruma geçirildikten sonra denetleme tuşları ile cihaz denetimi gerçekleştirilir.
4. Yeşil “Hız+” düğmesine fare ile tıklandığında silindir her seferinde 1ddk artış ile hızlanır. Hızlanma bilgisi durum görüntüleme alanında gösterilir.
5. Siyah “Hız-” düğmesine fare ile tıklandığında silindir her seferinde 1ddk azalış ile yavaşlar. Yavaşlama bilgisi durum görüntüleme alanında gösterilir.
6. Kırmızı “Başlat/Durdur” düğmesine fare ile tıklandığında silindir dönüyorsa durur. Duruyorsa ayarlı son hıza ulaşacak şekilde dönmeye başlar. Başlama ve durma bilgisi durum görüntüleme alanında gösterilir.
7. Mavi “Yön” düğmesine fare ile tıklandığında silindirin dönüş yönü değişir. Yön bilgisi durum görüntüleme alanında gösterilir.

Denetim yazılımı kodu EK-1’de verilmiştir.

3.4 Sistemin Çalışma Özellikleri

Optokinetik nistagmus sisteminin cihazın üzerindeki denetim düğmeleri hem de bilgisayar yazılımı üzerinden çalışama şeklini göstermek için Şekil 3.25'teki optokinetik nistagmus sistemi genel çalışma şeması hazırlanmıştır.



Şekil 3.25 Optokinetik nistagmus sistemi genel çalışma şeması

Şekil 3.25'teki şema şu şekilde özetlenebilir: Cihazın üzerindeki denetim panosundan silindirin hızı, yönü ve dönüp durması ayarlanır. Bu sırada cihaz üzerindeki ekranda hız, yön ve dönüp durma bilgileri gösterilir. Bu bilgiler eş zamanlı olarak bilgisayardaki denetim yazılımına aktarılır. Denetim yazılımının sistem durumunu görüntüleyen alanında cihaz denetim panosundaki düğmelerle yapılan her türlü değişiklik eş zamanlı olarak gösterilir. Bilgisayardaki sistem denetleme yazılımından yapılan değişiklikler cihaza gönderilir. Cihazdaki merkezi denetleme ünitesi gelen bilgiyi işleyerek silindir dönüşündeki değişiklikleri sağlar. Bilgisayar üzerinden yapılan tüm değişiklikler cihaz üzerindeki LCD'de eş zamanlı olarak gösterilir.

İstenilen herhangi bir zamanda cihaz ile bilgisayar arasındaki seri bağlantı kablosu çıkarılarak sistem sadece cihaz panosu üzerindeki düğmelerden denetlenebilir. Sistemin çalışmasını basitleştirmek için mikro denetleyici yazılımında bir takım iyileştirmelere gidilmiştir. Sistem ilk açılışta karşılama ekranından sonra 20ddk ile dönmeye başlar. Silindirin dönüş hızı en düşük 6ddk en yüksek 40ddk olacak şekilde ayarlanmıştır. Motor redaktörlü yapısındaki kuvvetleri ve silindirin atalet

momentini yenmek için 18ddk'dan düşük hızlardaki yön ve durup dönme değişimleri için yazılımsal bir iyileştirilmeye gidilmiştir. Sistem 18ddk'dan düşük hızlarda yön ve durup dönme değişimlerinde ilk önce hızını 20ddk'ya çekerek silindirin atalet momentini ve redaktörde oluşan kuvvetleri yener. Bir saniye 20ddk hızda döndükten sonra 250ms'de bir hızını bir ddk düşürerek en son kalınan hızla döner.

Silindirin görsel alanın en yüksek düzeyde uyarmasını sağlamak için hastanın konumu oldukça önemlidir. Her bir göz görme ekseninden 65^0 dışarıya doğru olan cisimleri algılayabilir. Silindirin çapını göz önünde bulundurursak görülebilir maksimum alanı yakalamak için hasta silindire 70cm'den daha yakın mesafeden bakmalıdır.

3.5 Silindirin Dönüş Hızı

Silindirin dönüş hızı bilgisi, devir dakikadır (ddk). İstenilirse hız bilgisi açısal hız cinsinden de ifade edilebilir. Sistemin açısal hızı yarıçap vektörünün saniyede taradığı açı ile ifade edilir. Açısal hızı bulabilmek için bir devirde 360^0 'lik açı tarandığından yola çıkarak Denklem 3.1 elde edilir.

$$\text{Silindirin Açısal Hızı} = \text{Silindirin ddk Cinsinden Hızı} \times 6^0\text{sn/ddk} \quad (3.1)$$

Açısal hızın birimi derece saniyedir (^0sn).

Denklem 3.1'de yerine konulduğunda 6ddk için açısal hız 36^0sn , 40ddk için 240^0sn eder.

3.6 OKN'u Tetiklemek için Bilgisayar Animasyonu Tasarımı

Optokinetik nistagmusu tetiklemek için Adobe firmasına ait, Flash Cs4 yazılımını kullanarak dönen silindir animasyonu hazırlanmıştır. Animasyon her yönde yavaş takip ve optokinetik sistemi tetikleyebilmemizi sağlar. Bu bölümde tasarlanan animasyon tezin konusu içinde olmayıp sadece deneme amaçlı tasarlanmış olup,

ileride geliştirilebilecek sistemler için ön ayak bir çalışma yapmak hedefidir. Kayan şerit modelinde animasyonlar hazırlanmış hazırlanan animasyonlar kullanımı kolaylaştırmak için bir web sayfasında toplanmıştır.

Tasarlanan animasyonlar aşağıda listelenmiştir:

1. Soldan sağa dönüş
2. Sağdan sola dönüş
3. Yukarıdan aşağıya dönüş
4. Aşağıdan yukarı dönüş
5. Yukarı sol çaprazdan aşağı sağ çapraza dönüş
6. Aşağı sağ çaprazdan yukarı sol çapraza dönüş
7. Yukarı sağ çaprazdan aşağı sol çapraza dönüş
8. Aşağı sol çaprazdan yukarı sağ çapraza dönüş

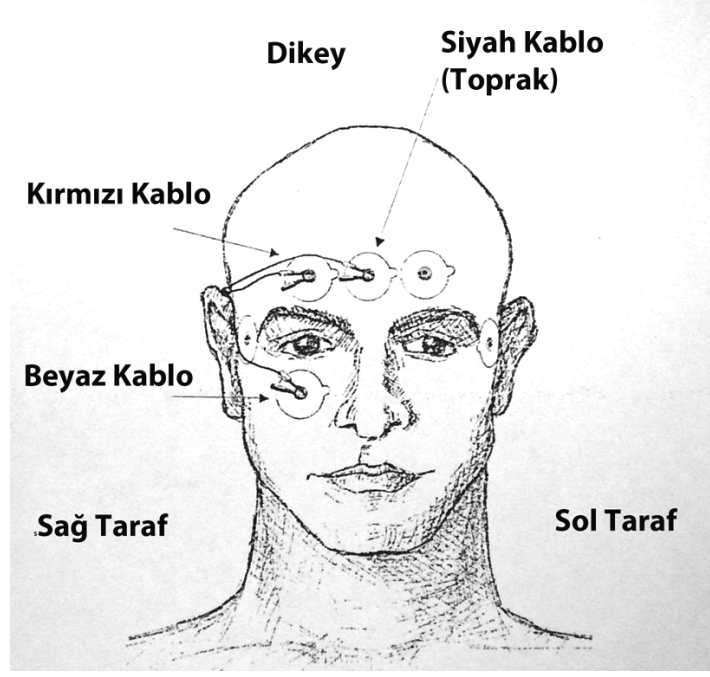
Tezin arka kapağındaki DVD'de hazırlanan animasyonlar ve web sitesinin çalışır hali bulunmaktadır.

3.7 EOG Kaydı

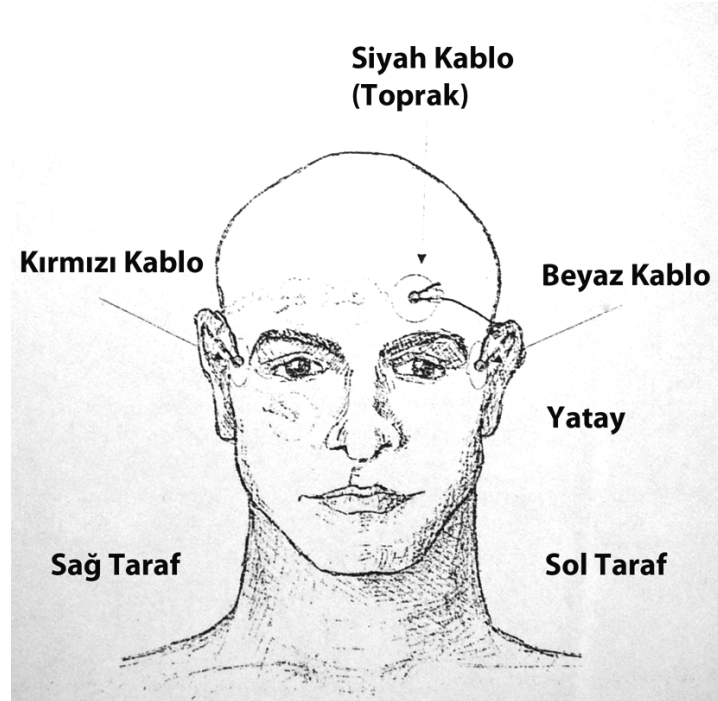
Tasarlanan optokinetik silindirin OKN'u tetiklediğini gösterebilmek için EOG cihazı kullanılması öngörülmüştür. EOG Biopac markadır, EOG'ye ait grafik görüntüleri Biopac firmasının BSL yazılımından alınmıştır.

EOG elektrotları bağlantıları dikey hareketlerin kaydı için Şekil 3.26'da yatay hareket kaydı için Şekil 3.27'de gösterilmektedir.

Yapılan EOG kaydında yatay hareket sinyalinde gözlerin orta eksenden sola doğru yaptığı hareketler sinyalin negatif değerlere doğru gitmesine, orta eksenden sağa doğru yaptığı hareketler sinyalin pozitif değerlere gitmesine neden olur. Dikey harekette orta eksenden yukarı doğru yapılan hareketler sinyalin pozitif değerlere, orta eksenden aşağı doğru yapılan hareketler sinyalin negatif değerlere gitmesine neden olur.



Şekil 3.26 EOG elektrotlarının dikey hareket kaydı için bağlantı şekli



Şekil 3.27 EOG elektrotlarının yatay hareket kaydı için bağlantı şekli

Hastaya test öncesi, test sırasında yapması gerekenlerin anlatılması öngörülmüştür. Yapılması istenilecekler şu şekilde özetlenebilir: Hastadan test süresince hareket etmemesi, konuşmaması, kafasını hareket ettirmemesi istenmelidir. Optokinetik silindir dönerken hastanın ilk olarak orta noktadan herhangi bir renkte şerit seçmesi, şeridi dönüşün sonuna kadar takip etmesi gerektiği anlatılmalıdır. Şeridi takip edemeyeceği konuma geldiğinde mümkün olduğunca ortaya yakın noktadaki şeritlerden ilk seçtiği renktekini seçmeye çalışması söylenmelidir.

Test teknisyeni, optokinetik silindir orta noktasını gözler ile aynı yatay çizgi üzerinde olacak şekilde ayarlamalı, hasta gözlerinin silindire uzaklığı 70 cm olmasını sağlamalıdır.

Yukarıdaki şartlar altında alınan EOG kayıtlarına ve yorumlarına “SONUÇ VE TARTIŞMA” kısmında ayrıntılı olarak yer verilmektedir.

4 SONUÇ VE TARTIŞMA

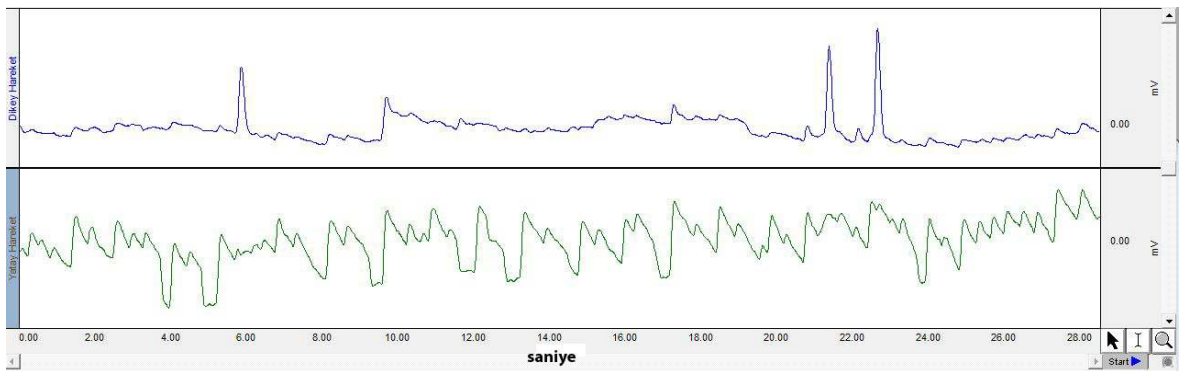
Bu bölüm çalışmalarda kullanılan yöntemleri ve detayları içermektedir. İlk kısımda tasarlanan cihazın hastalara uygulandığında alınan sonuçlar ve yorumlarından bahsedilecektir. İkinci kısımda tasarlanan cihazla ilgili karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri tartışılacaktır. Üçüncü ve son kısımda optokinetik nistagmus sistemi için düşünülen geliştirmeler hakkında bilgi verilecektir.

4.1 Tasarlanan Sistemin Uygulanması, Sonuçları ve Yorumları

Tasarlanan cihaz hastalara uygulanmış ve optokinetik nistagmusun başarı ile tetiklendiği görülmüştür. Cihaz çalışması sırasında hastaların kamera görüntüleri kaydedilmiştir. Gözlerde oluşan optokinetik nistagmus belirgin şekilde kamera görüntülerinde görüntülenmiştir. Alınan görüntüler tezin arka kapağındaki DVD'de yer almaktadır.

Hastada OKN'nin tetiklendiğini göstermek için EOG kaydı da alınmıştır.

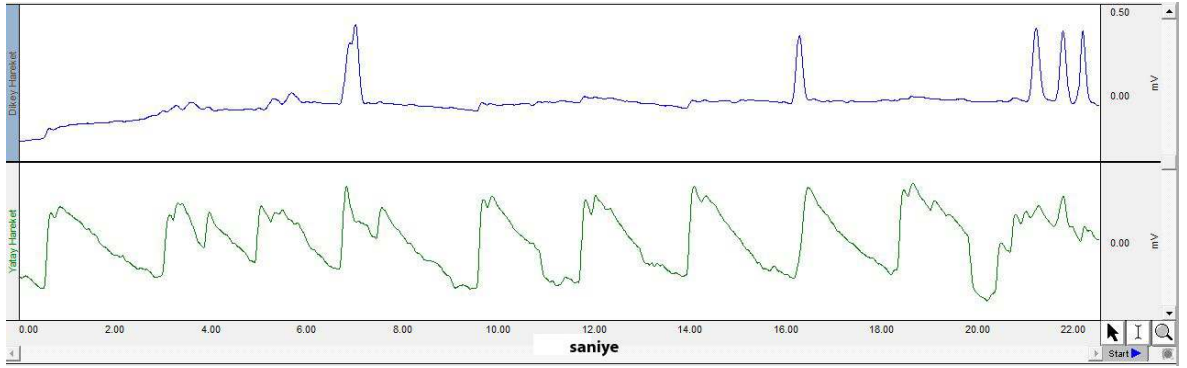
Hastadan ilk olarak optokinetik silindir 20ddk hızda sola dönerken kayıt alınmıştır. Seçilen deneğin iki gözünde de +5,0 derece miyopluk vardır. Şekil 4.1'de yapılan EOG kaydı görülmektedir.



Şekil 4.1 Sola 20ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Bu kayıtla cihazın OKN'yi tetiklediği gözlemlenmiştir. Yatay hareket (yeşil renkli sinyal) kısmında görülen testere dişi formunda dişin uç noktaları sağa doğru olan sakkadik hareketle gözün yeni hedef seçmesini göstermektedir. Hastanın sola doğru 20ddk hızla dönüşte ilk başta seçtiği hedefleri dönüşün sonuna kadar götüremediği ve de yeni hedefler seçtiği gözlemlenmektedir. Dikey harekette yapılan 6, 10, 22 ve de 23'üncü saniyedeki atımlar gözün hedef seçerken yukarıya doğru kaydığını göstermektedir.

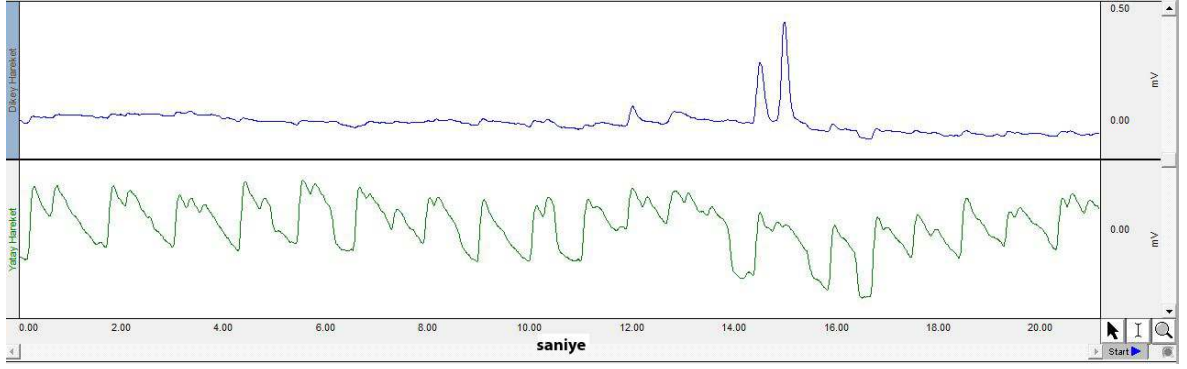
Hastadan ikinci olarak silindir 6ddk hızla sola dönerken EOG kaydı alınmıştır ve alınan kayıt Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Sola 6ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Dönüş hızının en düşük seviyeye çekilmesi ile hastanın şeritleri takip etmesi kolaylaşmıştır. Hastanın şeritleri daha iyi bir şekilde seçtiği ve şeridin kaybolduğu noktaya kadar takip ettiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular Şekil 4.2'de görülmektedir. Çok net bir testere dişi sinyali ile hastanın gözünün yaptığı sakkadik hareketler ve yavaş takip hareketleri EOG kaydında görülmektedir.

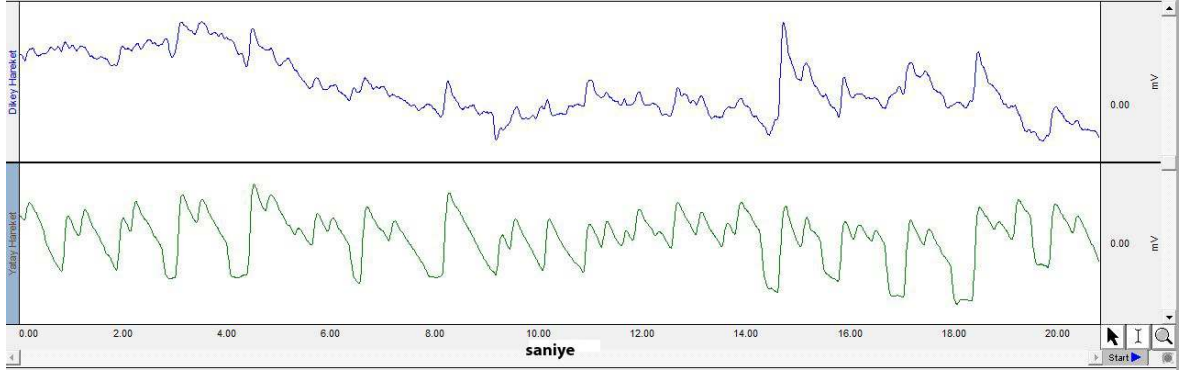
Hastadan üçüncü olarak 10ddk hızda sola dönüşte EOG kaydı alınmıştır. Alınan EOG kaydı Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3 Sola 10ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

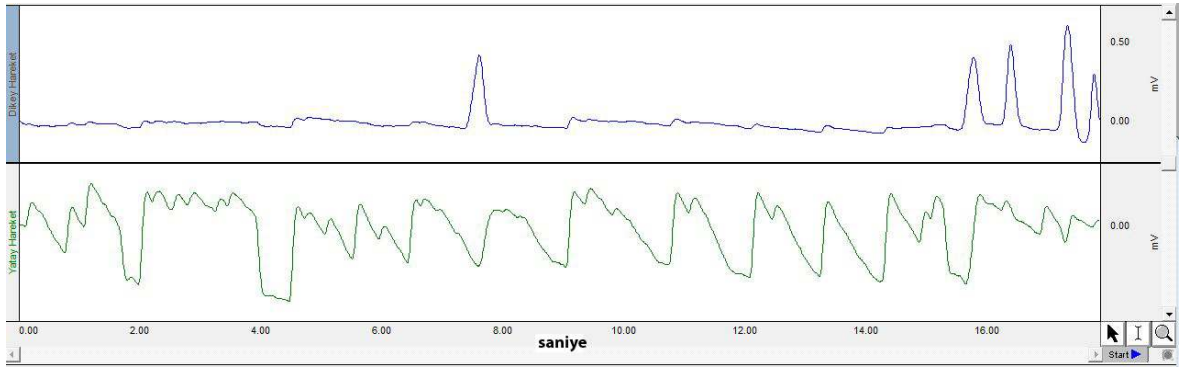
Hasta dönüş hızının yine yavaş olması nedeniyle şerit takibinde zorlanmamış ve net bir testere dişi sinyali EOG kaydında çıkmıştır. 6ddk dönüş hızında alınan EOG kaydından farklı olarak EOG kaydında büyük testere dişlerinin tepe noktalarında ufak testere dişleri daha fazladır. Bunun nedeni silindirin dönüş hızı ve hastanın ileri miyopisine bağlı olarak şerit seçerken ilk seçtiği şeridi bırakıp hemen ardındaki yakın şeridi seçmesinden kaynaklanmaktadır. Hastanın bazı yerlerde sonuna kadar takip ettiği şeridi seçene kadar üç ve daha fazla şerit değiştirdiği gözlemlenmektedir.

Hastadan daha sonra 15ddk sola doğru dönüş hızında EOG kaydı alınmıştır. Bu kayıt Şekil 4.4'de görülmektedir. Bu hızda dönüşte hasta için kolay algılanabilir olmuştur ve belirgin bir testere dişi sinyali çıkmıştır. Fakat hasta bu teste gözlerini dikey yönde de hareket ettirmiştir. Mavi renkteki sinyalde hastanın gözlerinin belirgin bir şekilde hareket ettiği görülmektedir. Ama hasta aldığı şeritleri takip ettirmeyi sürdürmüştür. Yatay hareket sinyalinin (yeşil renkle belirtilmiş sinyal) on ile on dördüncü saniyeleri arasında oluşan testere dişi modelleri hastanın dört saniye kadar seçtiği şeritleri dönüş sonuna kadar götüremediğini göstermektedir. Testere dişlerinin genişlikleri giderek daralmaktadır. Dönüş hızına bağlı olarak, yavaş takip hareketi hızlandığı için dişlerin genişliklerinin daralması normaldir.



Şekil 4.4 Sola 15ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

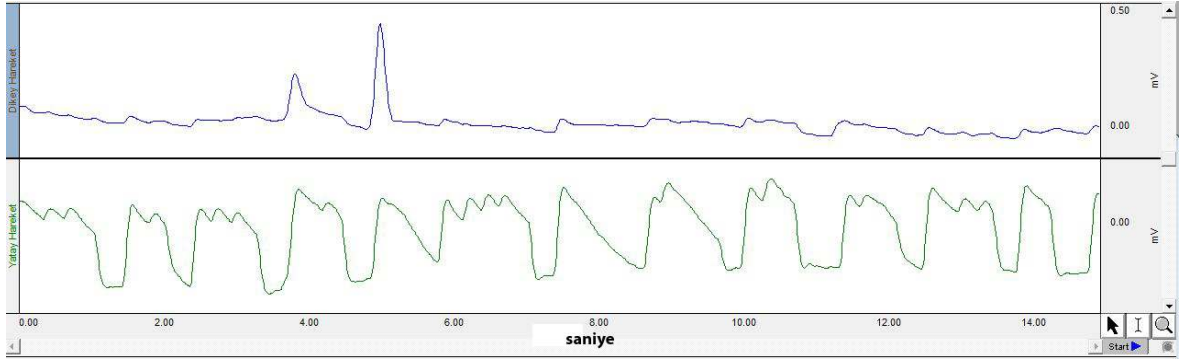
Hastaya 25ddk hızda sola dönüş uygulanarak EOG kaydı alınmıştır. Hastanın EOG kaydı Şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4.5 Sola 25ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Hızın artması ile yatay harekette iki ile dördüncü saniyeler arasında hastanın birbirine yakın şeritleri seçmeye çalıştığı gözlenmektedir. Testere dişi sinyali oluşmuş fakat bozulmalar olmaya başlamıştır. İki, dört ve on altıncı saniyeye yakın yerde oluşan sinyalin alt noktasındaki düzlükler belirginleşmiştir. Bu hastanın şeridi takip ettikten sonra belli bir süre gözlerinin sakkadik hareketle yeni bir şerit seçemeyerek şeridi takip etmeye bıraktığı noktada kaldığını göstermektedir. Hasta testin sonlarına doğru takipte iyice zorlanmış ve testere dişi modelinin ortadan kalkarak, gözlerin belirgin dikey hareketler yaptığı gözlenmiştir.

Hızı biraz daha arttırılarak 30ddk'ya sola dönüş ile hızı ile yapılan EOG kaydı Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

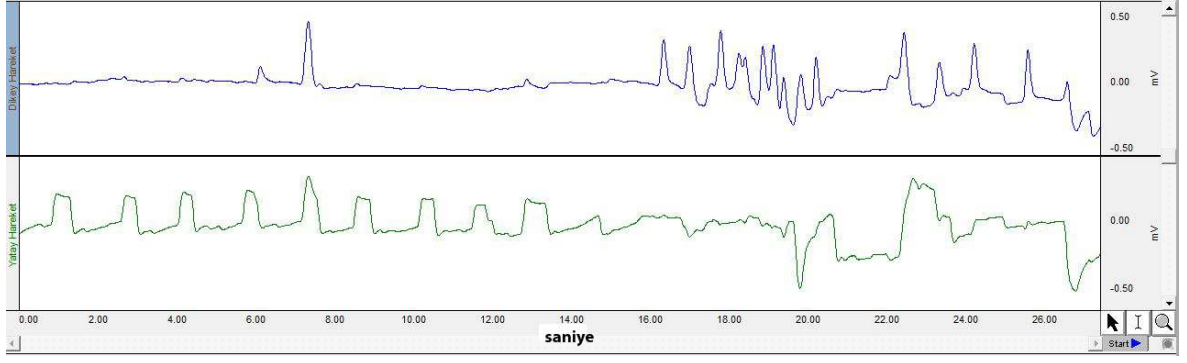


Şekil 4.6 Sola 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Bu hızda alınan EOG kaydında hastanın şerit seçmede zorlandığı ve seçtiği şeritleri takip ettiremediği gözlenmektedir. Ana testere sinyali bozulmuş sinyal tepelerinde ufak testere sinyalleri oluşmuştur. Sinyallerin alt noktalarındaki düzlükler belirginleşmiştir. Bu hızın hastanın takip edebilmesi için oldukça hızlı olduğu gözlemlenmektedir.

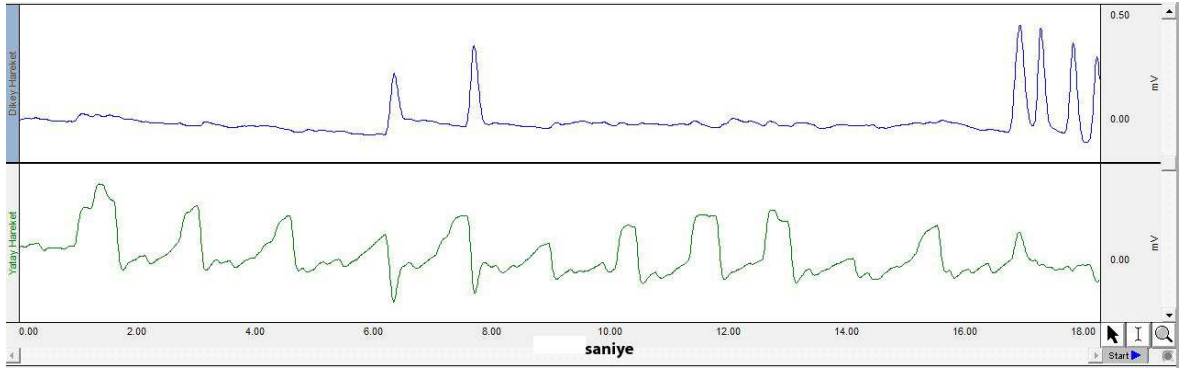
Sola doğru yapılan kapsamlı dönüş testleri ve alınan EOG kayıtlarından sonra sağa dönüş testlerine geçilmiştir. Bu testlerde sadece 30ddk, 20ddk ve 10ddk hızlarda EOG kaydı yapılmıştır.

İlk önce 30ddk hızla sağa doğru dönüş testi yapılmış ve bunun EOG kaydı alınmıştır. Alınan EOG kaydı Şekil 4.7'de görülmektedir. Hastanın sağa doğru dönüşü takip etmekte zorlandığı görülmüştür. Sağa doğru dönüşte yapılan EOG kaydında testere dişi modeli oluşmaktadır ama x eksenine göre ayna görüntüsü şeklinde oluşmaktadır. Bu kaydı yorumlarsak hastanın şeritleri seçmekte ve takip etmekte zorlandığı çok az miktarda şeridi takip edebildiği, takip sonunda belli bir süre sakkadik hareket oluşmadığı ve yeni şerit seçemediği gözlenmektedir.



Şekil 4.7 Sağa 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Hastadan daha sonra silindir 20ddk hızla sağa dönerken EOG kaydı alınmıştır. Bu EOG kaydı Şekil 4.8’de görülmektedir.

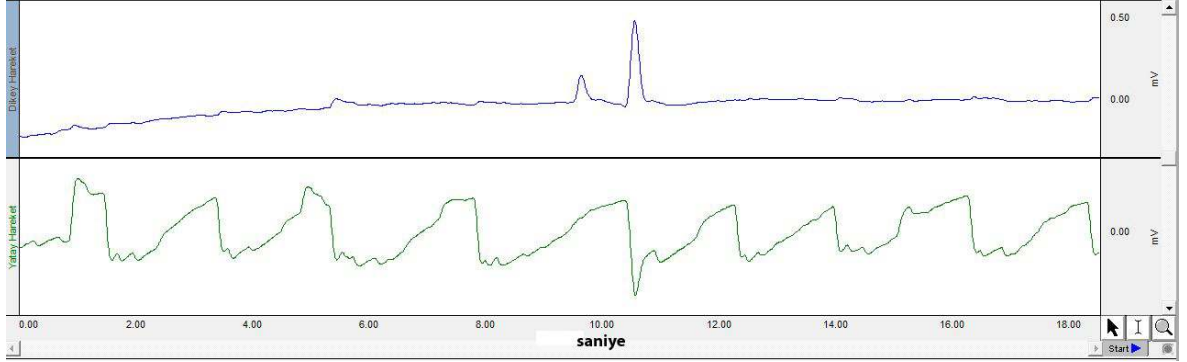


Şekil 4.8 Sağa 30ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

20ddk’da alınan EOG kaydında testere dişi modeli belirginleşmiştir. Hastanın daha kolay şerit seçtiği ve takip edip yeniden bir şeride yöneldiği gözlemlenmektedir. Tepelerdeki düzlükler azalmış fakat küçük testere sinyalleri oldukça fazladır. Buda dönüş hızı ve hastanın miyopisi ile açıklanabilir.

Hastanın EOG kaydı en son olarak silindir sağa doğru 10ddk ile dönerken alınmıştır. Bu kayıt Şekil 4.9’da görülmektedir. EOG sinyalindeki ters testere dişi modeli dönüş hızının düşürülmesi ile belirginleşmiştir. Düzlükler yok denilecek kadar azdır. Hasta şeritleri takip edebilmiş ve tekrar yeni şerit seçerken

zorlanmamıştır. Oluşan ufak testere dişleri hastanın gözünün yorgunluğundan kaynaklanmıştır.



Şekil 4.9 Sağa 10ddk hızla dönerken yapılan EOG kaydı

Yapılan EOG kayıtlarının genel olarak yorumlamak gerekirse tasarlanan sistemin OKN'yi başarı ile tetiklediği gözlemlenmektedir. 20ddk dönüş hızının üstündeki hızlarda hastanın takipte zorlandığı, 20ddk altındaki hızlarda hastanın OKN'sinin daha belirgin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu testler ileri miyopisi olan bir hastada yapıldığı için sonuçlar diğer hastalardan farklılık gösterebilir. Hastanın uzağı görme sorunu şerit seçerken zorlanmasına neden olmuştur.

Hasta dördüncü testten sonra baş dönmesi yaşadığını ve şeritleri takip etmekte zorlandığını belirtmiştir. Bu bulgu tasarlanan sistemin etkinliğini göstermektedir.

Sağa dönüşte oluşan ufak testere dişleri hastanın gözünün yorgunluğuna da bağlıdır. Hasta tüm testlerin bitiminden sonra da belli bir süre baş dönmesinin devam ettiğini belirtmiştir.

4.2 Tasarlanan Cihaz ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Mekanik, elektronik ve yazılımsal sorunlar ve çözümler aşağıdaki başlıklar altında toplanmış olup her konuda en çok zaman harcanan sorunlara ve çözümlerine değinilmiştir.

4.2.1 Mekanik Sorunlar ve Çözümleri

İlk karşılaşılan sorun cihazın kutusu ile ilgili olmuştur. Cihaz ilk başta hafif olması için tasarlanmıştır. Amaç Optokinetik silindirin malzemesini hafif tutarak hem cihazın bir yerden bir yere taşınmasını kolaylaştırmak hem de doğrudan motorun aktarma koluna bağlayabilecek şekilde tasarlayarak mekanik maliyetini düşürmektir. İlk üretilen silindir soba borusundan imal edilmiştir. Silindir ağırlığı 300g'a kadar indirilmiştir. Bu ilk başta çok iyi bir sonuç olarak algılanmış fakat motora bağlamak için silindir merkezi bulunmaya çalışıldığında, torna tezgâhı aynasında malzemenin dayanım gücünün düşük olması nedeni ile esnemeler meydana gelmiş, silindir merkezinin delinmesi çok zorlaşmıştır. Silindir merkezi delindikten sonra yapılan denemelerde delinme sırasındaki esnemelerden dolayı merkezlemenin mükemmel olmadığı saptanmıştır. Silindirin merkezinin mükemmel olmaması ve silindirin materyalinin esnek olması dönerken ayrı bir balans sorununa neden olmuştur. Yeni bir silindir malzemesi olarak çelik boru alınıp tornada işlenmesi düşünülmüştür. Çeliğin çok ağır olması nedeniyle motordan yükü almak için yeni bir aktarma kolu tasarımına gidilmiştir. Motorun aktarma koluna bir pim vasıtası ile tutunan yeni bir aktarma kolu ile yapılacak yeni silindirin ağırlığı cihaz kutusunun üzerine verilmesi düşünülmüştür.

Çelik borunun çok ağır olması daha hafif, ama tornada merkezleme yapılırken torna aynalarına tutunabilecek bir malzeme olan metal saca yönelmeye neden olmuştur. Sacla yapılan silindirde merkezleme ilk yapılan silindire göre çok daha iyi olmuştur. Yeni yapılan aktarma kolu tasarımda denendiğinde balans sorunu çok düşük seviyeye inerek silindirin döneceği hızlarda algılanamayacak düzeye gelmiştir. Daha iyi bir mekanik tasarımla ve daha iyi bir silindirle balans sorunun üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir. Silindir malzemesi, döküm silindir şeklinde olursa merkezleme sorunu ortadan kalkacaktır.

Tasarlanan cihaz yeni silindiri ile oldukça sağlamdır. Hastanede karşılaşılabileceği darbelere karşı dayanımı çok üst düzeydedir. Silindirin daha hafif tutularak cihazın yer değiştirilmesi ile ilgili sorunlar ortadan kalkmıştır.

4.2.2 Elektronik Sorunlar ve Çözümleri

Sistemin elektronik kısmının tasarımında daha çok sorun yaşanmıştır. Sistem ilk önce tasarlanırken her bileşen tek baskı devre kartı üzerinde tasarlanmıştır. Üretim maliyetini azaltmak için gidilen bu yolda başta LCD'nin denetlemesi kısmında sorunlarla karşılaşmıştır. Yeni bir tek baskı devre kartı tasarımına gidilmiş yapılan denemler sonucunda ilk başta sorunsuz çalışmıştır. Fakat uzun çalışma denemelerinde sistemde sorunlar oluşmaya başlamış. Sistemde belli bir süre çalıştıktan sonra kendi kendine sıfırdan başlama gözlemlenmiştir. Bu süreçte birden fazla yeni kart aynı tasarımda basılmış hepsinde aynı sorun olduğu gözlenmiştir.

Sorunları ortadan kaldırmak ve tamirini kolaylaştırmak için merkez ünite ve uydu üniteler olarak sistem yeniden tasarlanmıştır. Her birinin ısınan bileşenleri üzerine soğutucu bloklar takılmış ve sistemin ısınmaya bağlı karakteristik sorunları ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.

Yapılan son tasarımda LCD ünitesi sorunsuz çalışmış fakat diğer ünitelerinde düzensiz çalışma sorunları yaşanmıştır. Bunun üzerine sistem bileşenleri değiştirilmiş devreler tekrar kurulmuştur. Sistemdeki motor sürücü uydusunun sorunu bu sayede ortadan kaldırılmış fakat seri iletişim uydusundaki düzensiz çalışma sorunu devam etmiştir. Bunun üzerine yapılan birkaç test sonrası merkezi denetleme uydusundaki bileşenler yenileri ile değiştirilmiştir.

Sistem bu son yapılan değişikliklerle sorunsuz çalışmaya başlamıştır. Daha sonradan yapılan testlerde sorunların yeni diye alınan mikro denetleyicilerdeki uydulara bilgi taşıyan bacaklarda olduğu anlaşılmıştır.

Elektronik sistemin sorunsuz çalışması üzerine mekanik sistemle birlikte çalışması anındaki yazılımsal iyileştirmelere gidilmiştir.

Silindirin düşük hızlarda yaşadığı yön değiştirme ve dur kalk sorunlarını ortadan kaldırmak için mikro denetleyici yazılımı değiştirilmiş ve 18ddk'nın altındaki hızlar için, silindirin yön değiştirmesi ve de durup tekrar dönmesi durumlarında hızın

komut alındıktan sonra 20ddk hıza çıkartılıp tekrar son kalan hızla dönmesi sağlanmıştır.

Sistem açılışında 20ddk hızla sağdan sola doğru dönmektedir. İlk açılışta yaşanabilecek kazaları engellemek için, sistem açılışına bir karşılama ekranı koyulmuş ve dönmeye belli bir süre sonra başlaması sağlanmıştır.

Elektronik devre tasarımı yapılırken motordan elektronik devrelere direk bir bilgi gelmeyeceği öngörülmüştür. Sistem motor hızını yazılımsal olarak denetlemektedir. Bu da motorun dönüş hızının LCD'de gösterilen değerlerinden sapmasına neden olmuştur. Kronometre ile yapılan denemler sonucunda LCD'de gösterilen hız değerlerinin normal değerlerden yüzde iki ile yüzde sekiz arasında saptığı gözlemlenmiş, bu sapmaların önemsiz olduğu kanısına varılmıştır (süreölçer ile ölçüm yapılması sonucunda hesaplanmış sapmalar). Tasarım ilk aşamasında motor hızını elektronik olarak algılayacak şekilde yapılmış ama bunun mikro denetleyicide gereksiz veri girdisine neden olduğu ve sistem bütünüün çalışmasının düzensizleştiği görülmüştür. İkinci bir mikro denetleyici sistem tasarımına eklenerek motordan gelen bilgilerin sadece bu mikro denetleyiciye gönderilmesi ve de hız bilgisinin yorumlandıktan sonra merkezi denetleme ünitesine aktarılarak dönüş hızının tam doğrulukta LCD ve bilgisayarda gösterilmesi sağlanabilir.

4.2.3 Bilgisayar Yazılımı Sorunları ve Çözümleri

Bilgisayar yazımlı sistem tasarımında en az sorun çıkaran öge olmuştur. En büyük sorun mikro denetleyiciye gönderilen verilerin işlenmesi sırasında yaşanmıştır. Sorunun üstesinden yazılımda gidilen iyileştirilmelerle gelinmiştir.

Bir başka sorun yazılımın kullanıcı ara yüzünün tasarlanmasında ortaya çıkmıştır. İlk önce gayet basit tasarlanan ara yüz, kullanımı kolaylaştırmak ve cihazla aynı şekilde kullanılmayı sağlamak için değiştirilmiştir. Bu değişim sırasında ortaya çıkan sorunlar yapılan ufak kod değişiklikleri ile ortadan kaldırılmıştır.

4.3 Optokinetik Nistagmus Sistemi için Düşünülen Geliştirmeler

Tasarlanan sistemin en büyük artısı tasarımın modüler yapısından dolayı yapılacak diğer sistemlere kolaylıkla bütünleştirilebilecek şekilde olmasıdır.

Elektronik sisteme yeni bir uydu halinde eklenilecek hız denetleme uydusu ile sistem hız denetimi üstün bir şekilde sağlanabilir.

Tasarlanan mekanik sistemdeki en büyük teorik sorun, tüm görsel alanı tetikleyememesidir. Bunu sağlamak için yeni bir mekanik tasarıma gidilerek bir koltuk tasarlanıp hastanın oturması sağlandıktan sonra hastanın sadece kafasının ve vücut çevresinin bir bölümünü kaplayacak şekilde indirilecek bir optokinetik silindir tasarımına gidilebilir. Bu sayede tüm görsel alan tetiklenmesi sağlanmış olunur. Buda bize OKSN'yi gözlemlemek için avantaj sağlar.

Mekanik kısmın tamamen CNC'li işleme makinelerinde işlenerek üretilmesi sistemin balans sorunlarını ortadan kaldıracaktır.

Sisteme eklenebilecek bir EOG, ENG veya VNG sistemi ile teşhis kısmının da tek çatı altında toplanması sağlanabilir.

Cihazda kullanılan silindirlerin hafifletilmesi silindirin atalet momentinden doğacak sorunları ortadan kaldıracaktır. Bunun için düşük yoğunluklu malzemelerin kullanılması düşünülebilir.

Tüm görsel alanı uyaran optokinetik silindirler OKN testlerinde altın standarttır dolayısıyla silindir tasarımında yapılabilecek her türlü iyileştirme tıp bilimi için önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] Tıp Terimleri Sözlük – Göz, <http://www.tipterimleri.com/>, 2009.
- [2] HANPRASERTPONGA, C., KOIZUMIA, Y., MIO, A., MAKI, K., TOSHIKAI, Y., A head-mounted visual stimulator for neurotological examination., *Auris Nasus Larynx*, vol.31, no.4, s.379-382, 2004.
- [3] NICOL, WF., An optokinetic drum device, *Arch Otolaryngol*, vol.100, no.1, s.60-61, 1974.
- [4] KVETON, JF., LIMB, CJ., BELL, MD., Comparison of optokinetic nystagmus elicited by full versus partial visual field stimulation: diagnostic implications, *Otolaryngol Head Neck*, vol.121, no.1, s.52-56, 1999.
- [5] HOOD, JD., Observations upon the role of the neurological mechanism of optokinetic nystagmus with especial reference to the contribution of peripheral vision, *Acta Otolaryngol Stockh*, vol.63, no.2, s.208-215, 1967.
- [6] WATANABA, Y., OHMURA, A., SHOJAKU, H., MIZUKOSHI, K., Optokinetic nystagmus elicited by random dot pattern and a wide interval strip pattern in normal subjects, *Acta Otolaryngol Stockh*, vol.511, no.4, s.104-108, 1994.
- [7] STEWART, MG., CHEN, AY., WYATT, JR., FOVROT, S., BEINART, S., COKER, NJ., Cost-effectiveness of the diagnosis evaluation of vertigo, *Laryngo scope*, vol.109, no.4, s.600-605, 1999.
- [8] PEHLİVAN, Ferit, *Biyofizik, Hacettepe – Taş Kitapçılık*, s.289-290, 2004.
- [9] WONG, AGNES, MF., *Eye Movement Disorders*, 1st Edition, Oxford University Press, s.6-100, 2007.
- [10] BURDE, RM., *The extraocular muscles*, *Adler's Physiology of the Eye*, 7th Edition, CV Mosby, s.97, 1981.

- [11] PORTER, JD., BAKER, RS., RAGUSA, RJ., BRUECKNER, JK., Extraocular muscles: Basic and clinical aspects of structure and function, *Surv Ophthalmol*, vol.39, no.6, s.451-484, 1995.
- [12] MILES, FA., The sensing of rotational and translational optic flow by the primate optokinetic system, *Rev Oculomotor Res*, vol.5, no.5, s.393-403, 1993.
- [13] ANGELAKI, E., Eyes on target: what neurons must do for the vestibuloocular reflex during linear motion, *J Neurophysiol*, vol.92, no.1, s.20-35, 2004.
- [14] BAJONDAS, FJ., KLINE, BL., Nistagmus ve benzeri osilasyonlar, *Nörooftalmoloji*, 1. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, s.23-26, 1993.
- [15] LEIGH, RJ., ZEE, DS., *The Neurology of Eye Movements*, 4th Edition, Oxford University Press, s.19-90, 2006.
- [16] COLLEWIJN, H., VAN DER STEEN, J., FERMAN, L., JANSEN, TC., Human ocular counterroll: assessment of static and dynamic properties from electromagnetic scleral coil recordings, *Exp Brain Res*, vol.59, no.1, s.185-96, 1985.
- [17] AMINOFF, MJ., *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*, 3rd Edition, Churchill Livingstone, s.683-710, 1992.
- [18] CANNON, SC., *Principles and Practice of Ophthalmology*, WB Saunders, s.2411-2441, 1994.
- [19] Gazi KBB, <http://www.kbb.gazi.edu.tr/elektronistagmografi.htm>, 2009.
- [20] BAHILL, AT., CLARK, MR., STARK, L., The main sequence: A tool for studying human eye movements, *Math Biosci*, vol.24, no.24, s.191-204, 1975.

- [21] TIJSEN, MA., HAIN, TC., STRAATHOF, CS., ZEE, DS., Optokinetic afternystagmus in humans: Normal values of amplitude, time constant, and asymmetry, *Ann Otol Rhinol Laryngol*, vol. 98, no.9, s.741-746, 1989.
- [22] <http://www.schwindelambulanz-muenchen.de/Bilder/U-2.gif>, 2009.
- [23] ROBINSON, DA., FUCHS, AF., Eye movements evoked by stimulation of frontal eye fields, *J Neurophysiol*, vol.32, no.5, s.637-648, 1969.
- [24] <http://www.dizziness-and-balance.com/images/okn.gif>, 2009.
- [25] <http://www.dizziness-and-balance.com/practice/images/equipment/okn-drum-drawing-small.jpg>, 2009.
- [26] OOSTERVELD, WJ., Current diagnostic techniques in vestibular disorders, *Acta Otolaryngol Suppl*, vol.479, no.6, s.29-34, 1991.
- [27] http://www.neuro-kinetics.com/images/newsletter_images/barany_chair.jpg, 2009.
- [28] BRANTBERG, K., MAGNUSSON, M., Optokinetic after-nystagmus as an indicator of a vestibular side difference, *Acta Otolaryngol Suppl*, vol.481, no.6, s.468-469, 1991.
- [29] <http://www.dizziness-and-balance.com/practice/images/equipment/OKN%20Hand-held%20small.JPG>, 2009.
- [30] <http://www.usneurologicals.com/oknchild.jpg>, 2009.
- [31] RUBIN, W., How do we use state of the art vestibular testing to diagnose and treat the dizzy patient? An overview of vestibular testing and balance system integration, *Diagnostic Neurology*, WB Saunders, s.921-943, 1991.

[32] http://www.interacoustics-us.com/us_en/Products/BalanceSystems/VO425/Gallery/VNG-w-SPN-screen.jpg, 2009.

[33] <http://www.metrovision.fr/EO01.jpg>, 2009.

[34] <http://www.metrovision.fr/EO02.jpg>, 2009.

[35] [http://northbergenneurology.com/resources/VNGtesting\\$5B1\\$5D.jpg](http://northbergenneurology.com/resources/VNGtesting$5B1$5D.jpg), 2009.

[36] MALMIVUO, J., PLONSEY, R., The Electric Signals Originating in the Eye ,
<http://www.bem.fi>, 1995.

EKLER

EK-1 Bilgisayar Yazılımı Kodları

Form1.cs

```
using System;

using System.Collections.Generic;

using System.ComponentModel;

using System.Data;

using System.Drawing;

using System.Linq;

using System.Text;

using System.Windows.Forms;

using System.IO.Ports;

namespace DSA

{

    public partial class Form1 : Form

    {

        public Form1()

        {

            InitializeComponent();

            // Nice methods to browse all available ports:

            string[] ports = SerialPort.GetPortNames();

            // Add all port names to the combo box:
```

```

        foreach (string port in ports)
        {
            cmbComSelect.Items.Add(port);
        }

        panel1.Enabled = false;
    }

    private void cmbComSelect_SelectedIndexChanged(object sender,
    EventArgs e)
    {
        if (port.IsOpen) port.Close();

        port.PortName = cmbComSelect.SelectedItem.ToString();

        //stsStatus.Text = port.PortName + ": 9600,8N1";

        // try to open the selected port:

        try
        {
            port.Open();
        }

        // give a message, if the port is not available:

        catch
        {
            MessageBox.Show("Seri port " + port.PortName + " açılmıyor!",
            "RS232 tester",

```

```

        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);

        cmbComSelect.SelectedText = "";

        //stsStatus.Text = "Select serial port!";
    }

    if (port.IsOpen)

        panel1.Enabled = true;

    else

        panel1.Enabled = false;

}

string line;

private void port_DataReceived(object sender,
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    SerialPort s = sender as SerialPort;

    line = s.ReadLine();

    this.BeginInvoke(new MethodInvoker(UpdateData));

}

private void UpdateData()
{
    textBoxRX.Text = line;

    // textBox3.Text += _data2 + "\r\n";

```

```

        // if (_data.Contains("Hello"))

        //     _data = "Sana da hello";

        // textBox1.Text += _data + " - " + DateTime.Now.ToString() + "\r\n";

    }

    int start_stop_sts = 1;

    int cw_ccw_sts = 3;

    private void btn_star_stop_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        if (start_stop_sts == 1)
        {
            port.Write("2");

            start_stop_sts = 2;
        }
        else
        {
            port.Write("1");

            start_stop_sts = 1;
        }
    }
}

```

```
private void btn_cw_ccw_Click(object sender, EventArgs e)

{

    if (cw_ccw_sts == 3)

    {

        port.Write("4");

        cw_ccw_sts = 4;

    }

    else

    {

        port.Write("3");

        cw_ccw_sts = 3;

    }

}
```

```
private void btn_inc_Click(object sender, EventArgs e)

{

    port.Write("5");

}
```

```
private void btn_dec_Click(object sender, EventArgs e)

{

    port.Write("6");

}
```

```
private void Form1_FormClosed(object sender, FormClosedEventArgs e)
{
    if (port.IsOpen) port.Close();
}
}
```

Form1.Designer

namespace DSA

{

partial class Form1

{

/// <summary>

/// Required designer variable.

/// </summary>

private System.ComponentModel.IContainer components = null;

/// <summary>

/// Clean up any resources being used.

/// </summary>

/// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
otherwise, false.</param>

protected override void Dispose(bool disposing)

{

if (disposing && (components != null))

{

components.Dispose();

}

base.Dispose(disposing);

}

#region Windows Form Designer generated code

/// <summary>

/// Required method for Designer support - do not modify

/// the contents of this method with the code editor.

/// </summary>

private void InitializeComponent()

```
{  
  
    this.components = new System.ComponentModel.Container();  
  
    this.port = new System.IO.Ports.SerialPort(this.components);  
  
    this.btn_star_stop = new System.Windows.Forms.Button();  
  
    this.btn_cw_ccw = new System.Windows.Forms.Button();  
  
    this.btn_inc = new System.Windows.Forms.Button();  
  
    this.btn_dec = new System.Windows.Forms.Button();  
  
    this.cmbComSelect = new System.Windows.Forms.ComboBox();  
  
    this.panel1 = new System.Windows.Forms.Panel();  
  
    this.textBoxRX = new System.Windows.Forms.RichTextBox();  
  
    this.panel1.SuspendLayout();  
  
    this.SuspendLayout();  
  
    //  
  
    // port  
  
    //
```

```

        this.port.DtrEnable = true;

        this.port.DataReceived += new
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventHandler(this.port_DataReceived);

        //

        // btn_star_stop

        //

        this.btn_star_stop.Location = new System.Drawing.Point(0, 3);

        this.btn_star_stop.Name = "btn_star_stop";

        this.btn_star_stop.Size = new System.Drawing.Size(109, 23);

        this.btn_star_stop.TabIndex = 0;

        this.btn_star_stop.Text = "Başla / Dur";

        this.btn_star_stop.UseVisualStyleBackColor = true;

        this.btn_star_stop.Click += new
System.EventHandler(this.btn_star_stop_Click);

        //

        // btn_cw_ccw

        //

        this.btn_cw_ccw.Location = new System.Drawing.Point(126, 3);

        this.btn_cw_ccw.Name = "btn_cw_ccw";

        this.btn_cw_ccw.Size = new System.Drawing.Size(104, 23);

        this.btn_cw_ccw.TabIndex = 1;

        this.btn_cw_ccw.Text = "SY / SYY";

        this.btn_cw_ccw.UseVisualStyleBackColor = true;

```

```

        this.btn_cw_ccw.Click += new
System.EventHandler(this.btn_cw_ccw_Click);

//

// btn_inc

//

        this.btn_inc.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 14F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(162)));

        this.btn_inc.Location = new System.Drawing.Point(17, 49);

        this.btn_inc.Name = "btn_inc";

        this.btn_inc.Size = new System.Drawing.Size(46, 38);

        this.btn_inc.TabIndex = 2;

        this.btn_inc.Text = "+";

        this.btn_inc.UseVisualStyleBackColor = true;

        this.btn_inc.Click += new System.EventHandler(this.btn_inc_Click);

//

// btn_dec

//

        this.btn_dec.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 16F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(162)));

        this.btn_dec.Location = new System.Drawing.Point(158, 49);

        this.btn_dec.Name = "btn_dec";

        this.btn_dec.Size = new System.Drawing.Size(46, 38);

```

```

this.btn_dec.TabIndex = 3;

this.btn_dec.Text = "-";

this.btn_dec.UseVisualStyleBackColor = true;

this.btn_dec.Click += new System.EventHandler(this.btn_dec_Click);

//

// cmbComSelect

//

this.cmbComSelect.FormattingEnabled = true;

this.cmbComSelect.Location = new System.Drawing.Point(66, 12);

this.cmbComSelect.Name = "cmbComSelect";

this.cmbComSelect.Size = new System.Drawing.Size(121, 21);

this.cmbComSelect.TabIndex = 4;

this.cmbComSelect.Text = "Serial Port";

this.cmbComSelect.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.cmbComSelect_SelectedIndexChanged);

//

// panel1

//

this.panel1.Controls.Add(this.textBoxRX);

this.panel1.Controls.Add(this.btn_dec);

this.panel1.Controls.Add(this.btn_star_stop);

this.panel1.Controls.Add(this.btn_cw_ccw);

this.panel1.Controls.Add(this.btn_inc);

```

```

this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(12, 54);

this.panel1.Name = "panel1";

this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(233, 171);

this.panel1.TabIndex = 5;

//

// textBoxRX

//

this.textBoxRX.Location = new System.Drawing.Point(3, 113);

this.textBoxRX.Name = "textBoxRX";

this.textBoxRX.Size = new System.Drawing.Size(227, 55);

this.textBoxRX.TabIndex = 4;

this.textBoxRX.Text = "";

//

// Form1

//

this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);

this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;

this.ClientSize = new System.Drawing.Size(268, 236);

this.Controls.Add(this.panel1);

this.Controls.Add(this.cmbComSelect);

this.Name = "Form1";

this.Text = "DSA OKN'S";

this.TopMost = true;

```

```

        this.FormClosed += new
System.Windows.Forms.FormClosedEventHandler(this.Form1_FormClosed);

        this.panel1.ResumeLayout(false);

        this.ResumeLayout(false);

    }

#endregion

private System.IO.Ports.SerialPort port;

private System.Windows.Forms.Button btn_star_stop;

private System.Windows.Forms.Button btn_cw_ccw;

private System.Windows.Forms.Button btn_inc;

private System.Windows.Forms.Button btn_dec;

private System.Windows.Forms.ComboBox cmbComSelect;

private System.Windows.Forms.Panel panel1;

private System.Windows.Forms.RichTextBox textBoxRX;

    }
}

```

Form1.resx

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

```
<root>
```

```
<!--
```

```
Microsoft ResX Schema
```

```
Version 2.0
```

The primary goals of this format is to allow a simple XML format that is mostly human readable. The generation and parsing of the various data types are done through the TypeConverter classes associated with the data types.

Example:

```
... ado.net/XML headers & schema ...
```

```
<resheader name="resmimetype">text/microsoft-resx</resheader>
```

```
<resheader name="version">2.0</resheader>
```

```
<resheader      name="reader">System.Resources.ResXResourceReader,  
System.Windows.Forms, ...</resheader>
```

```
<resheader      name="writer">System.Resources.ResXResourceWriter,  
System.Windows.Forms, ...</resheader>
```

```
<data name="Name1"><value>this is my long string</value><comment>this is  
a comment</comment></data>
```

```

<data          name="Color1"          type="System.Drawing.Color,
System.Drawing">Blue</data>

<data          name="Bitmap1"          mimetype="application/x-
microsoft.net.object.binary.base64">

    <value>[base64 mime encoded serialized .NET Framework object]</value>

</data>

<data    name="Icon1"    type="System.Drawing.Icon,    System.Drawing"
mimetype="application/x-microsoft.net.object.bytearray.base64">

    <value>[base64 mime encoded string representing a byte array form of the
.NET Framework object]</value>

    <comment>This is a comment</comment>

</data>

```

There are any number of "resheader" rows that contain simple name/value pairs.

Each data row contains a name, and value. The row also contains a type or mimetype. Type corresponds to a .NET class that support text/value conversion through the TypeConverter architecture. Classes that don't support this are serialized and stored with the mimetype set.

The mimetype is used for serialized objects, and tells the ResXResourceReader how to depersist the object. This is currently not

extensible. For a given mimetype the value must be set accordingly:

Note - application/x-microsoft.net.object.binary.base64 is the format that the ResXResourceWriter will generate, however the reader can read any of the formats listed below.

mimetype: application/x-microsoft.net.object.binary.base64

value : The object must be serialized with

: System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary.BinaryFormatter

: and then encoded with base64 encoding.

mimetype: application/x-microsoft.net.object.soap.base64

value : The object must be serialized with

: System.Runtime.Serialization.Formatters.Soap.SoapFormatter

: and then encoded with base64 encoding.

mimetype: application/x-microsoft.net.object.bytearray.base64

value : The object must be serialized into a byte array

: using a System.ComponentModel.TypeConverter

: and then encoded with base64 encoding.

-->

```
<xsd:schema                                id="root"                                xmlns=""
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"  xmlns:msdata="urn:schemas-
microsoft-com:xml-msdata">
```

```

<xsd:import namespace="http://www.w3.org/XML/1998/namespace" />

<xsd:element name="root" msdata:IsDataSet="true">

  <xsd:complexType>

    <xsd:choice maxOccurs="unbounded">

      <xsd:element name="metadata">

        <xsd:complexType>

          <xsd:sequence>

            <xsd:element name="value" type="xsd:string" minOccurs="0" />

          </xsd:sequence>

          <xsd:attribute name="name" use="required" type="xsd:string" />

          <xsd:attribute name="type" type="xsd:string" />

          <xsd:attribute name="mimetype" type="xsd:string" />

          <xsd:attribute ref="xml:space" />

        </xsd:complexType>

      </xsd:element>

      <xsd:element name="assembly">

        <xsd:complexType>

          <xsd:attribute name="alias" type="xsd:string" />

          <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" />

        </xsd:complexType>

      </xsd:element>

      <xsd:element name="data">

        <xsd:complexType>

```

```

        <xsd:sequence>

            <xsd:element      name="value"      type="xsd:string"      minOccurs="0"
msdata:Ordinal="1" />

            <xsd:element      name="comment"     type="xsd:string"     minOccurs="0"
msdata:Ordinal="2" />

        </xsd:sequence>

        <xsd:attribute      name="name"        type="xsd:string"        use="required"
msdata:Ordinal="1" />

        <xsd:attribute name="type" type="xsd:string" msdata:Ordinal="3" />

        <xsd:attribute name="mimetype" type="xsd:string" msdata:Ordinal="4" />

        <xsd:attribute ref="xml:space" />

    </xsd:complexType>

</xsd:element>

<xsd:element name="resheader">

    <xsd:complexType>

        <xsd:sequence>

            <xsd:element      name="value"      type="xsd:string"      minOccurs="0"
msdata:Ordinal="1" />

        </xsd:sequence>

        <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="required" />

    </xsd:complexType>

</xsd:element>

</xsd:choice>

</xsd:complexType>

```

```

</xsd:element>

</xsd:schema>

<resheader name="resmimetype">
  <value>text/microsoft-resx</value>
</resheader>

<resheader name="version">
  <value>2.0</value>
</resheader>

<resheader name="reader">
  <value>System.Resources.ResXResourceReader,      System.Windows.Forms,
Version=2.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089</value>
</resheader>

<resheader name="writer">
  <value>System.Resources.ResXResourceWriter,      System.Windows.Forms,
Version=2.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089</value>
</resheader>

<metadata      name="port.TrayLocation"      type="System.Drawing.Point,
System.Drawing,      Version=2.0.0.0,      Culture=neutral,
PublicKeyToken=b03f5f7f11d50a3a">
  <value>17, 17</value>
</metadata>

</root>

```

Program.Cs

```
using System;

using System.Collections.Generic;

using System.Linq;

using System.Windows.Forms;


namespace DSA
{
    static class Program
    {
        /// <summary>
        /// The main entry point for the application.
        /// </summary>
        [STAThread]
        static void Main()
        {
            Application.EnableVisualStyles();

            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);

            Application.Run(new Form1());
        }
    }
}
```

EK-2 Optokinetik Nistagmus Sistemi Kullanma Talimatı

1. Cihaz 220V ile çalışmaktadır. Cihazın güç kablosunu 220V fişe takınız.
2. Cihazın güç ve bilgisayar ile seri bağlantı kablosunun bağlantılarını yapın.
3. Cihazın bilgisayar ile bağlantısını sağlayan seri bağlantı kablosunu cihazın arkasına (RS-232) ve bilgisayarın uygun seri bağlantı noktası takın.
4. Cihazın kumandası cihazın ön panelindeki dört adet kumanda tuşundan ya da bilgisayardaki ara yüz programı çalıştırılarak yapılabilir.
5. Cihaz ön panelinde dört adet tuş ve bilgi ekranı bulunmaktadır. Bu tuşlar, “Hız+, Hız-, Yön ve Başlat/Durdur” tuşlarıdır. Tuşların isimleri üzerlerinde belirtilmiştir. Cihazın arka panelinde ise “açma kapama” ve “karşıtlık “ tuşu bulunmaktadır. Bunlar Şekil A ve Şekil B’de görülmektedir.

	
Şekil A - Cihazın ön taraftan görünüşü. Bilgi ekranı, Hız+, Hız-, yön ve Başlat/Durdur tuşları.	Şekil B - Cihazın arka taraftan görünüşü. Açma/kapama tuşu, RS-232 bağlantı noktası, karşıtlık tuşu ve güç kablosu.

6. Cihaz bilgisayar bağlantısı yapılmadan üzerindeki tuşlar ile kumanda edilmek istenirse:
 - a. Cihazı, arkasındaki açma-kapama tuşu ile açın.
 - b. Cihazın ön tarafında bulunan ekranındaki “Merhaba ve 3 2 1” geri sayımın tamamlanmasını bekleyin.
 - c. Cihaz açıldığında hızı sabit olarak 20ddk (devir/dakika)’ya ayarlanmıştır. Maksimum hız 40ddk, minimum hızı 6 ddk’dır.
 - d. “Hız+” ve “Hız-” tuşlarından istenilen hızı ayarlayın.

- e. “Yön” tuşu ile Optokinetik Silindirin dönüş yönü değiştirilir. Cihaz ilk açıldığında saat yönünde dönmektedir.
 - f. “Başlat/Durdur” tuşu ile cihazın dönüşü başlatılır veya durdurulur.
 - g. Cihaz dönüş yapmıyorken, dönüşü başlatmak için “Başlat/Durdur” tuşuna basıldığında, cihaz dönüşe 20ddk’da başlar ve ayarlanmış son hıza kendisi otomatik olarak gelir.
 - h. Cihaz yön değiştirmek için “Yön” tuşuna basıldığında, yön değişir. Eğer dönüş hızı 18ddk’dan az ise dönüş hızı 20ddk’ya çekilir ve yön değiştirip ayarlanmış son hıza kendisi otomatik olarak gelir. Bu süreçte düğmelerin işlevleri etkisizdir, süreç sonlandığında yapılan son işlem gerçekleştirilir.
7. Eğer cihaz bilgisayar bağlantısı yapılarak bilgisayar üzerinden kumanda edilmek istenirse;
- a. Seri bağlantı noktası kablusunun bağlantısı dördüncü maddeye göre yapın. Cihazın bilgisayara ilk bağlantısında bir kereye mahsus olmak üzere “dotnetfx35.exe” adlı dosyayı çalıştırın ve kurulumun tamamlanmasını bekleyin. Kurulum tamamlandıktan sonra bilgisayarı yeniden başlatın.
 - b. Bilgisayardan “DSA.exe” adlı dosyayı çalıştırın. Dosyayı çalıştırınca karşınıza cihazı bilgisayardan kumanda etmenizi sağlayacak ara yüz çıkacaktır.
 - c. İlk olarak ara yüzde bağlantı yaptığınız “Seri Bağlantı Noktası” kısmından cihazı bağladığınız seri bağlantı noktasını seçin.
 - d. Cihazı arkasındaki açma-kapama tuşu ile açın ve cihazın ekranındaki geri sayımın bitmesini bekleyin.
 - e. Ara yüzde bulunan kumanda tuşları cihazın üzerindeki tuşlar ile aynı renk kodlarına sahiptir ve cihazı bilgisayardan kumanda etmek için tasarlanmışlardır.
 - f. Ara yüzde bulunan kumanda tuşları “Hız+, Hız-, Başlat/Durdur ve Yön” dür. (Şekil C)
 - g. Ara yüzde bulunan “Hız+” ve “Hız-” tuşlarından istenilen hızı ayarlayın.
 - h. Ara yüzde bulunan “Yön” tuşu ile cihazın üst kısmının dönüş yönü değiştirilir. Cihaz ilk açıldığında saat yönünde dönmektedir.

- i. Ara yüzde bulunan “Başlat/Durdur” tuşu ile cihazın dönüşü başlatılır veya durdurulur.



8. Cihazın kumandası ara yüz ile yapılırken, cihaz açma/kapma tuşu ile kapatılırsa, cihaz yeniden açıldığında cihazın hız, ara yüzde en son girilen değer olacaktır.
9. Eğer cihazın ekranındaki yazı okunamıyorsa cihazın arkasında “Karşıtlık” tuşu ile ekran ışığında istenilen ayarlamayı yapın.
10. Ara yüz kullanımında herhangi bir sorun olursa ara yüzü ve cihazı kapatıp yeniden başlatın.

EK-3 Optokinetik Nistagmus Sistemi Teknik Özellikler

Adaptör Çalışma Voltajı	220V-240V AA (alternatif akım)
Cihaz Çalışma Voltajı	12V/DA (doğru akım)
Cihazın çektiği en yüksek akım	2,5 A
Çalışma Sıcaklığı	15 ⁰ C - 40 ⁰ C
LCD Çözünürlüğü	128x64 piksel
Ağırlık	5,7 Kg
Boyutlar	55cm x 30 cm x 30 cm (Y x E x G)
Silindir En Yüksek Dönüş Hızı	40ddk
Silindir En Düşük Dönüş Hızı	6ddk

