

UYDU ANTENİNDEN RADYO TELESKOPA: ERT-5 RADYO TELESKOPUNUN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

İsmail YUSIFOV^{1,2}, İbrahim KÜÇÜK¹, Cemal EYYÜBOV³, Mehmet METE⁴, Rafet SABANCI⁵, Hikmet PARAK⁶, Akif YUSIFOV^{7,8}

Özet

Bildiride, tasarımı ve montaj işlerinin tümü Türkiye’de yapılmış olan ERT-5 Radyo Teleskopu örneğinde, küçük çaplı (~5m) uydu anteninin Radyo Teleskopa dönüştürülmesi anlatılmaktadır. Projenin temelini, hibe yoluyla Türk Telekom’dan alınmış 5m çapındaki uydu anteni oluşturmaktadır. Uydu antenini, tüm gökyüzünü kolaylıkla tarayabilen bir radyo teleskopa dönüştürmek için Yükseklik – Azimut sistemli bir dönme mekanizması, alıcıları odak noktasına yerleştirmek için alıcı-destek ve odaklama sistemi ile yönlendirmeyi kontrol eden özel optik kılavuzu destekleme mekanizması tasarlanmıştır. Radyometrik alıcıların ilk modelleri, LNB-standart düşük gürültülü uydu alıcı blokları modernize edilerek yapılmış, adım-motor kontrol devreleri ise 16F877 mikrodenetleyiciler üzerinde hazırlanmıştır. Bildiride, tüm blok ve modüllerin elektronik veya fonksiyonel şemaları verilmekte, kullanılan yazılım – donanım ve teknik özellikleri anlatılmaktadır. Kullanılan LNB’lere uygun olarak teleskopun çalışma frekansları 4.5, 11 ve 20 GHz’tir. Gözlem ve denetim işlemlerini kolaylaştırmak için, Visual C# ortamında anlaşılır ve kolay arabirim ortamı hazırlanmıştır. Gözlem süresince alıcıdan gelen sinyal monitörde, sayısal avometrede ve yazıcıda izlenebilmekte ve gözlem bittiğinde, ASCI kodunda ve kolay kullanılabilen bir biçimde sabit diske kaydedilebilmektedir. Bildiride, aynı zamanda, deprem bölgelerinde teleskop temelini tasarımı konusu da incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Radyo Astronomi, Radyo teleskop

Abstract

In the presented contribution we discussed on the technique of conversion of small (~5m) satellite antenna to Radio Telescope on the base of ERT-5 Radio Telescope, which is completely assembled in Turkey. The 5m satellite antenna which is presented by the Turkish Telecom is the base of the project. We have designed Alt-Azimuth

¹Erciyes Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye
yusifov@erciyes.edu.tr , kucuk@erciyes.edu.tr , Tel: 0 (352) 437 49 01

²Azerbaycan Bilimler Akademisi, Fizik Enstitüsü, Bakü 370143, Azerbaycan

³Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye,
ceyyubov@erciyes.edu.tr , Tel 0 (352) 437 49 01.

⁴Anadolu Elektronik Sanayi (AES) Şirketi, Kayseri, Türkiye, ta7iv@ttnet.net.tr , Tel: 0 (352)3303721.

⁵Elektrosan Sanayi Ticaret Ltd. Şti., İstasyon Caddesi No: 34, 38010, Kayseri, Türkiye,
rafetsapanca@hotmail.com , Tel: 0 (352) 231 01 59.

⁶PARAK Teknik Makina Otomotiv San. ve Tic. Ltd. Şti, Yeni Sanayi 33, Sok. No: 35-37,
Kayseri, Türkiye,
parakhikmet@hotmail.com, Tel: 0 (352) 332 10 00.

⁷Bakü Devlet Üniversitesi, Uygulamalı Matematik Bölümü, Zahid Halilov sk. 23, Bakü, Azerbaycan.

⁸Halliburton International Inc. Registered in Azerbaijan No. 64. Tbilisi Ave. 5, Block 1003, Baku, AZ1065,
Azerbaijan, Akif.Yusifov@halliburton.com , T: +994503881002.

rotating system, special receiver supporting, focusing and special optical guiding system for control of the telescope tracking system. The original models of radiometers designed by modernization of Low Noise Blocks (LNB), and step motor control blocks constructed on the bases of microcontrollers 16F877. All electronic and/or functional schematics of the mentioned blocks and used hardware-software are presented and described in the presented contribution. According the applied LNB blokes, functionalling frequencies of ERT-5 are 4.5, 11 and 20 GHz. Easy handled self explainable user interface is prepared in Visual C# medium. During the observation, output of receiver is controlled on the monitor, chart recorder and on the display of digital multimeter and at the end of observation recorded on the HD in ASCII code with the understandable format. In the contribution, we are considered also the problem of telescope fundament projecting in the earthquake regions.

Key Words: *Radio Astronomy, Radio Telescopes*

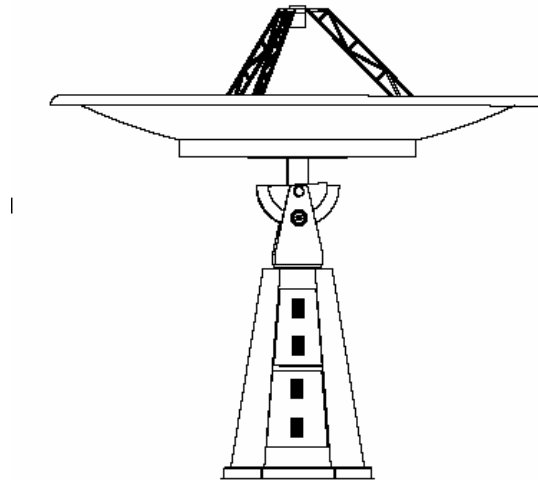
1. Giriş

Radyo teleskopun önemli parçalarından biri çanak antendir. Çapı 5m olan Erciyes Üniversitesi Radyo Teleskopunun (ERT-5) çanağı Türk-Telekom'dan hibe yolu ile alınmış uydu antenidir. Uydu antenini, gökyüzünün her yerini tarayabilen bir radyo teleskopa dönüştürmek için bir dönme mekanizmasının hazırlanması gerekmektedir. Radyo teleskopun diğer önemli parçaları ise, hassas alıcı ve gözlem sonuçları kaydeden, kaynakları takip eden ve tüm teleskopu ve gözlem sürecini kontrol eden yazılımdır. Bu parçaların yurt dışından alınması ve ya hazırlanması, Erciyes üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Araştırma Projeleri çerçevesinde, Erciyes üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin finansal desteği vasıtası ile sağlanmıştır. Bu bildiriye, ERT-5 Radyo teleskopunun alınmış ve/veya yapılmış parçalarının teknik özellikleri açıklanmaktadır.

2. ERT-5 Teleskopunun Dönme – Yönlendirme Mekanizması

Genel olarak teleskoplar dönme mekanizmasına göre iki yere ayrılırlar: Ekvatorial sistemli ve Azimut – Yükseklik sistemli. Montaj kolaylığına göre ERT-5 teleskopunun dönme mekanizması Azimut – Yükseklik sisteminde tasarlandı.

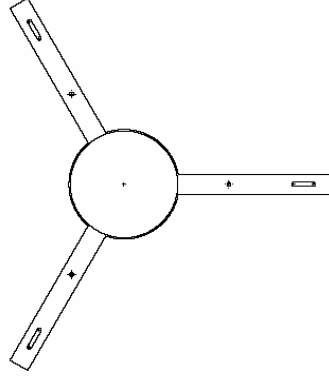
ERT-5 teleskopunun dönme mekanizması ve diğer tüm mekanik parçaları Kayseri, PARAK Teknik Makina Otomotiv San. ve Tic. Ltd. Şti.'de hazırlanmış ve şematik olarak ta Şekil 1'de gösterilmiştir. Teleskopun dönme mekanizmasında Anaheym (ABD) şirketinin



Şekil 1. ERT-5 teleskopunun genel görünüşü.

0.4 kWa gücündeki adım motorları, azimut ve yükseklik açılarını ölçmek için ise Hohner (İtalya) şirketinin 13 bitlik enkoderleri kullanılmıştır. Teleskopu yönlendirmek için gereken momentumu sağlamak için ise, PARAK şirketinde hazırlanmış 1:500 oranındaki redüktörler kullanılmıştır.

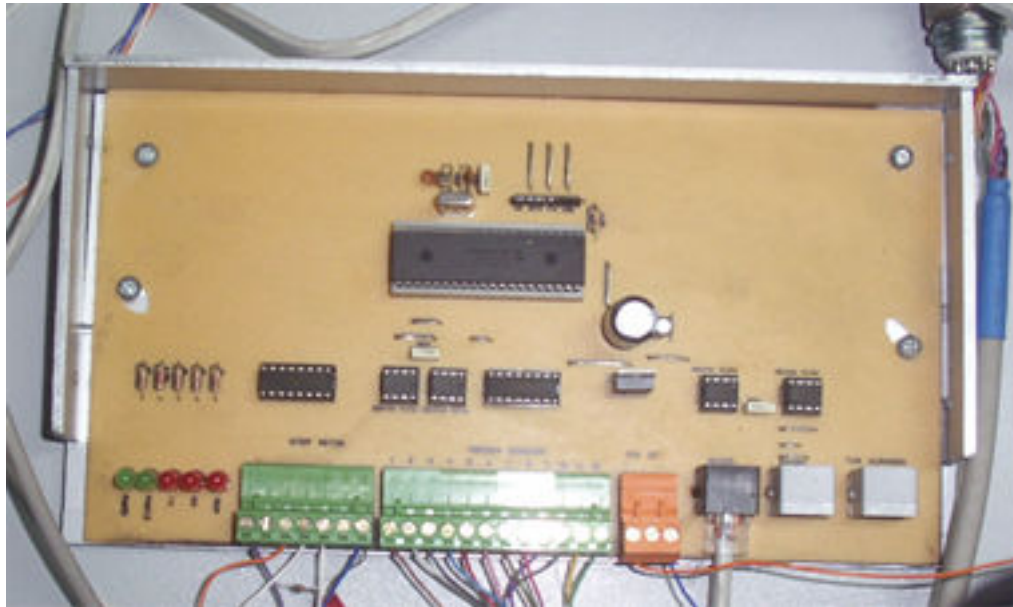
PARAK şirketinde hazırlanmış diğer parçalara örnek olarak ERT-5'in alıcı ve optik kılavuzu destek sisteminden bahsetmek olur. Alıcı destek sistemi kısmen Şekil 1'de görülmekte ve üstten görünüşü Şekil 2'de verilmiştir. Çok özel olarak hazırlanan optik kılavuzu destek sistemi teleskopun optik ve mekanik eksenlerin paralellliğini sağlamak için kullanılacak ve Şekil 1'de görünmemektedir.



Şekil 2. Alıcı (LNB) destek sisteminin üstten görünüşü.

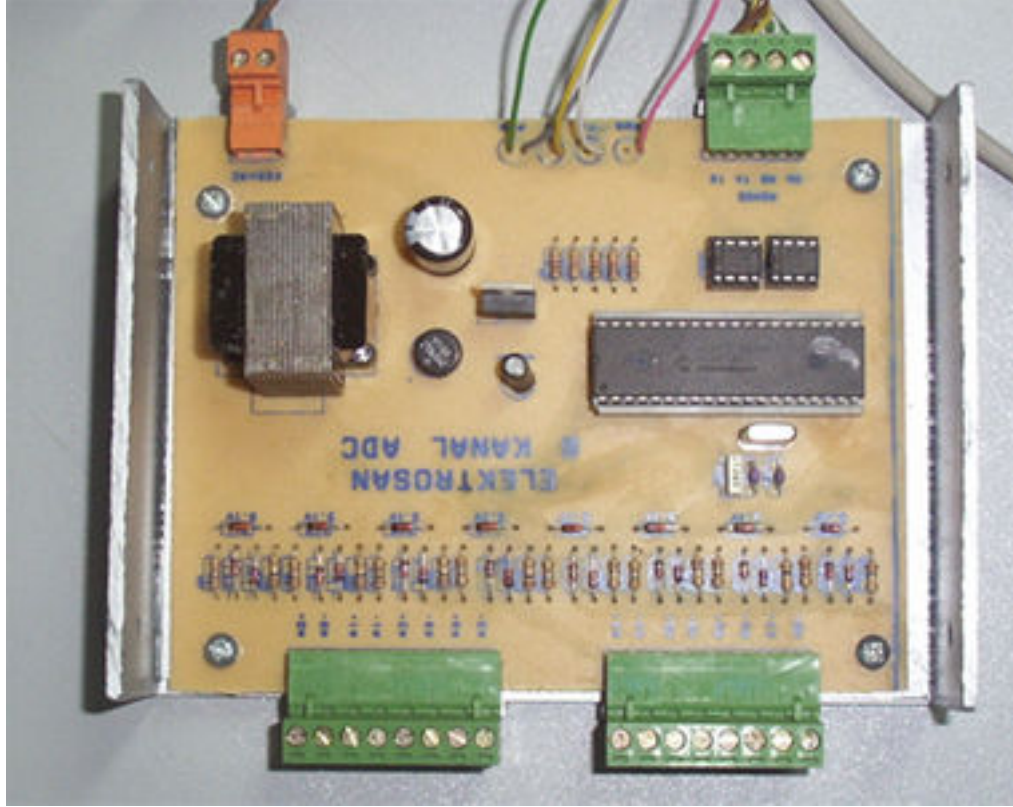
3. ERT-5 Teleskopunun Motor Kontrol Devreleri

ERT-5 teleskopunun elektronik devrelerinin çoğu ve onlara uygun programlar Kayseri, Elektrosan Sanayi Ticaret Ltd. Şti.'inde Rafet Sabancı tarafından hazırlanmıştır. Bunlara örnek olarak Şekil 3'te adım motor kontrol devresi verilmiştir. İlk bakışta basit



Şekil 3. 16F877 mikro denetleyici üzerinde yığılmış adım motor kontrol devresi.

görünen bu devre, aynı zamanda bir kaç iş görmektedir (bilgisayardan komutu almak, deşifre etmek, komutu ait olduğu ağıta yönlendirmek, komutun alındığını ve gereken işlemlerin yapıldığını ana bilgisayara haber vermek ve sair gibi). Şekil 4'te 16F877 mikro denetleyici



Şekil 4. ERT-5 teleskopunun 16F877 mikro denetleyici üzerinde yığılmış Analog-Sayısal dönüştürücü şeması. Aynı zamanda sekiz aygıttan gelen sinyalleri denetleme olanak sağlar.

üzerinde yığılmış Analog-Sayısal dönüştürücü (ADC) verilmiştir. 16F877 mikro denetleyicisinin sekiz giriş portu 10 bitlik ADC gibi çalışır ve hazırlanan şema sekiz aygıttan gelen sinyalleri kontrol etmeğe imkan verecektir.

4. ERT-5 Teleskopunun Alıcı Sistemi

ERT-5 teleskopunun alıcıları farklı frekanslarda çalışan düşük gürültülü uydu anten alıcılarının (LNB) yenileştirilmesi ile yapılmıştır. Farklı frekanslardaki gözlemler için, farklı frekanslarda çalışan LNB'ler kullanılmıştır. Seçilen LNB'lere uygun olarak ERT-5 teleskopunun çalışma frekansları 4.5, 11 ve 15 GHz civarındadır. Sinyal LNB'den aralık frekans güçlendiricisine, sonra detektöre ve oradan da ADC'ye verilmektedir. Adı çekilen devreler Kayseri, Anadolu Elektronik Sanayi (AES) Şirketinde, Mehmet Mete tarafından hazırlanmıştır. Alıcının bant genişliği, teleskopun ayar-test gözlemleri zamanı, verilen sistemin hassasiyetini optimuma ulaştıran zaman belirlenecektir.

5. ERT-5 Teleskopunun Kontrol Yazılımı

ERT-5 teleskopunun kontrol yazılımı Bakü, Halliburton International Company'den Akif Yusifov ve Erciyes üniversitesi, Astronomi Bölümünden İsmail Yusifov tarafından Visual C# ortamında hazırlanmıştır. Programda gözlemcinin işleri maksimum kolaylaştırılarak, koordinat çevirmeleri ve precession gibi astronomik hesaplamalar otomatik olarak yapılmakta ve gözlem ve denetim işlemleri için anlaşılır ve kolay arabirim ortamı hazırlanmıştır. Program çalıştırılarda, bir örneği Şekil 5'te verilmiş giriş formu açılmaktadır.

<p>Get Project</p> <p>Read .dat file for:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Tracking <input type="radio"/> Mapping <input type="button" value="Read dat"/></p> <p>Start Observation</p> <p><input checked="" type="radio"/> Immediate</p> <p>AT <input type="text" value="017"/> <input type="text" value="25"/> <input type="text" value="13"/> Start Time <input type="button" value="Sky view"/></p> <p><input type="text" value="000"/> <input type="text" value="30"/> <input type="text" value="40"/> Duration <input type="button" value="Start"/></p> <p><input type="text" value="text"/> <input type="text" value="text"/> <input type="text" value="textB"/> End Time <input type="button" value="STOP"/></p> <p><input type="button" value="Signal"/> Sampling Interval(ms): <input type="text" value="1500"/></p> <p>Coordinate Controlling Interval(s): <input type="text" value="1"/></p>	<p>Source Info</p> <p>UTo1- RA1: <input type="text"/> Dec1: <input type="text"/></p> <p>UTo2- RA2: <input type="text"/> Dec2: <input type="text"/></p> <p>UT -- RA : <input type="text"/> Dec : <input type="text"/></p> <p>Epoch RA: <input type="text"/> Deci: <input type="text"/></p> <p>UT -- RAp: <input type="text" value="15:16:58"/> Decp: <input type="text" value="-06:58:03"/></p> <p>UT -- Az: <input type="text" value="-50:00:00"/> Alt : <input type="text" value="30:00:00"/></p> <p>Gal -- l : <input type="text"/> b : <input type="text"/></p>	<p>Time Info</p> <p>JDET: 2453957.03951389</p> <p>UT : 12:55:46</p> <p>LCT : 14:55:46</p> <p>LST : 12:29:13</p> <p>Transit</p> <p>Time : 18:08:55</p> <p>Alt : 44:17:33</p> <p>gms#0 label82</p> <p>LST : label80</p>																					
<p>Manual Control</p> <p>Point Telescope to:</p> <p>Az : <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1"/> point <input type="button" value="point"/></p> <p>Alt : <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="point"/></p> <table border="1"> <tr> <td>AzEncPos</td> <td><input type="text" value="textBox1"/></td> <td><input type="button" value="ResetAzEnc"/></td> </tr> <tr> <td>AltEncPos</td> <td><input type="text" value="textBox1"/></td> <td><input type="button" value="ResetAltEnc"/></td> </tr> <tr> <td>AzMotor</td> <td><input type="text" value="textBox2"/></td> <td><input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/></td> </tr> <tr> <td>AltMotor</td> <td><input type="text" value="textBox2"/></td> <td><input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/></td> </tr> <tr> <td>AzMoReadF</td> <td><input type="text" value="textBox2"/></td> <td><input type="button" value="PutAzMoF"/></td> </tr> <tr> <td>AltMoReadF</td> <td><input type="text" value="textBox2"/></td> <td><input type="button" value="PutAltMoF"/></td> </tr> <tr> <td>ReadAddress</td> <td><input type="text" value="textBox2"/></td> <td><input type="button" value="PutAddress"/></td> </tr> </table>	AzEncPos	<input type="text" value="textBox1"/>	<input type="button" value="ResetAzEnc"/>	AltEncPos	<input type="text" value="textBox1"/>	<input type="button" value="ResetAltEnc"/>	AzMotor	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/>	AltMotor	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/>	AzMoReadF	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAzMoF"/>	AltMoReadF	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAltMoF"/>	ReadAddress	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAddress"/>	<p>Telescope Status</p> <p>RA : <input type="text" value="12:29:13"/> Dec: <input type="text" value="-21:15:36"/></p> <p>Az : <input type="text" value="00:00:00"/> Alt : <input type="text" value="30:00:00"/></p> <p>Encoder: Az : 0 Alt : 0</p> <p>Drivers : label69 Signal Level <input type="text" value="00.0000"/></p> <p>Manual Tracking/Recording</p> <p><input type="button" value="ManualTrack"/> <input type="button" value="Recording"/> <input type="button" value="Stop Manual"/></p> <p>Komut label85</p> <p>Yanıt label87</p>	<p>Project:</p> <p>Name: Andromeda</p> <p>Lider: A. Ahmet</p> <p>Operator: M. Mehmet</p>
AzEncPos	<input type="text" value="textBox1"/>	<input type="button" value="ResetAzEnc"/>																					
AltEncPos	<input type="text" value="textBox1"/>	<input type="button" value="ResetAltEnc"/>																					
AzMotor	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/>																					
AltMotor	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="Step"/> <input type="button" value="step"/>																					
AzMoReadF	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAzMoF"/>																					
AltMoReadF	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAltMoF"/>																					
ReadAddress	<input type="text" value="textBox2"/>	<input type="button" value="PutAddress"/>																					

Şekil 5. ERT-5 gözlem programının giriş formu.

Teleskop kontrol düğmeleri (komutlar), yıldız zamanı, kaynağın koordinatlar, teleskopun “koordinatları” gibi gözlem süresinde gereken tüm bilgiler form üzerinde verilmektedir. Gözlem verileri, anlaşılır ve hataları minimuma indirecek bir biçimde hazırlanmış standart bir dosyada hazırlanır ve “Read Dat” komutu verildikte, otomatik olarak program tarafından okunmaktadır. Algılanan veriler giriş formuna yansıtılır ve eğer her şey doğru dursa, operatör “Start” düğmesine basarak gözlem sürecini başlatabilir.

“Sky view” düğmesi tıklandığında Azimut – Yükseklik, Sağ ve dik açıklık koordinat çizgileri de çizilmiş tüm gözüken gök yüzü haritası ekrana geliyor. Bunun yardımıyla gözlem sürecinin genel kontrolü ve istenilen zaman için gözlem planlanması da yapılabilir.

“Start” komutu verildikte ise, seçilen moda uygun (takip ve ya haritalama) merkezi gözlenen kaynakla çalışmakta olan bir pencere açılır. Pencerede, gözlem sürecini daha detaylı takip etmek için, kaynağın yaklaşık boyutları ve teleskopun yön diyagramıyla birlikte Galaktik, Ekvatoryal ve Azimutal koordinat çizgileri de verilmektedir. Pencerenin boyutları ayarlana bilmektedir ve 2°x2°’den 20°x20°’ye kadar değişebilir.

Gözlem süreci bittiğinde veya ”STOP” düğmesi tıklandığında gözlem verileri standart bir biçimde hazırlanmış dosyada ASCII kodda saklanmaktadır. Giriş ve çıkış verilerine örnekler Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir.

ERT-5 teleskop kontrol programı gözlemciye bir kaynağı takip, iki kaynağı karşılaştırma, her hangi bir bölgeni haritalama gibi farklı modlarda çalışma olanağı sağlamaktadır. Bu modlar Şekil 6’daki giriş formunda farklı anahtarları ON/OFF yaparak çok kolaylıkla seçilebilir. ERT-5 teleskop kontrol programı, teleskopun masa üzerinde toplanmış maketinde test olunmuş ve gerçek teleskopta çalışmaya tam hazır durumdadır. Maketin fotoğrafı Şekil 8’de verilmektedir.

```

Date of Observation...(dd:mm:yyyy)...:0:23:11:2005
Project: Lider / Operator / Name.....:1:A. Ahmet/ M. Mehmet / Andromeda
RA/Dec:L/B:Planets:Az/Alt:Az/Alt_fix::2:0:0:0:1:0: -->Coord Tips-ON/Off
Catalog Epoch : Precess-ON/Off .....:3:1950,0:0:
Sors_Az/Alt:ddd:'':"",""/+dd:'':"","":4:-50:00:00,00/+54:00:00,00/01/
Sors_RA/Dec:0hh:mm:ss,ss/+dd:'':"","":5:+10:00:00,00/+35:00:00,00/01/
Sors_L/B...:ddd:'':"",""/+dd:'':"","":6:200:00:00,00/-00:00:00,00/01/
Start Time.....(hh:mm:ss).....:7:017:25:13
Duration (hh:mm:ss) : Sampling dt(ms).8:000:30:40:1500
Beam_W:Sors_W:.....9:021:32:      Bilinmeyen Parametreler
Yedek.....10:      Defolt Kalsin!!
Sun/Moon Coord-Manual-ON/Off:Select.:11:0:1
Manual-Sun/Moon: STo1/RA1/Dec1 .....12:004:00:00,00/001:00:00,00/+10:00:00
Manual-Sun/Moon: STo2/RA2/Dec2 .....13:005:00:00,00/002:00:00,00/+10:00:00
Yedek.....14:
Delta_RA.:d_RA.:Num_RA_Lines:.....15:100:50:03:
Delta_Dec:d_Dec:Num_Dec_Lines:.....16:100:50:03:
Delta_L...:d_L...:Num_Lon_Lines:.....17:100:50:03:
Delta_B...:d_B...:Num_B_Lines:.....18:100:50:03:
Delta_Az.:d_Az.:Num_Az_Lines:.....19:120:60:03:
Delta_Lat:d_Lat:Num_Lat_Lines:.....20:120:60:03:
    
```

Şekil 6. Giriş verilerinin hazırlanması

ERT-5 Project Mapping on "Alt/Az" Data Outpu File
 Project Lider: A. Ahmet; Operator: M. Mehmet
 Project Name : Andromeda;
 Coordinats of Base point, Map Center and Intervals:
 Calibr_Az = -48:00:00; Az = -50:00:00; Delta_Az = 120'; d_Az = 60';
 Calibr_Alt= +55:00:00; Alt= +54:00:00; Delta_Alt= 120'; d_Alt= 60';
 Date=14.08.2006; Time=16:03

\ Az o	-51	-50	-49
Alt\ '/'	00:00	00:00	00:00
\			
55:00:00	1,000	2,000	3,000
54:00:00	3,000	2,000	1,000
53:00:00	1,000	2,000	3,000

Calibration

N (num)	Sig (V)	Time (UT)	B '	C '	D (')	E (')	F (')
	1,5000	14,05722	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	1,5000	14,06250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Şekilb7. ERT-5 teleskopunda alınacak gözlem çıktılarına bir örnek



Şekil 8. ERT-5 teleskopunun masa üzerinde hazırlanmış maket.

6. Teleskop Temelinin Sismik Yalıtımının Teşkili

Teleskop temelinin sismik yalıtımı aşağıdaki koşullar doğrultusunda gerçekleştirilebilir:

- Sismik yalıtım yapısal düzeni düşey sabit yükleri uzun süreli olarak aktarabilmelidir;
- Sismik yalıtım elemanları zamanla teleskop ağırlığını kabul etmek için keçici ek tedbirler uygulanmadan değiştirilebilmelidir;
- Sismik yalıtım yapısal düzeni uygulanan teleskop temeli teleskopun sürekli olarak güvenli kullanımını temin edecektir.

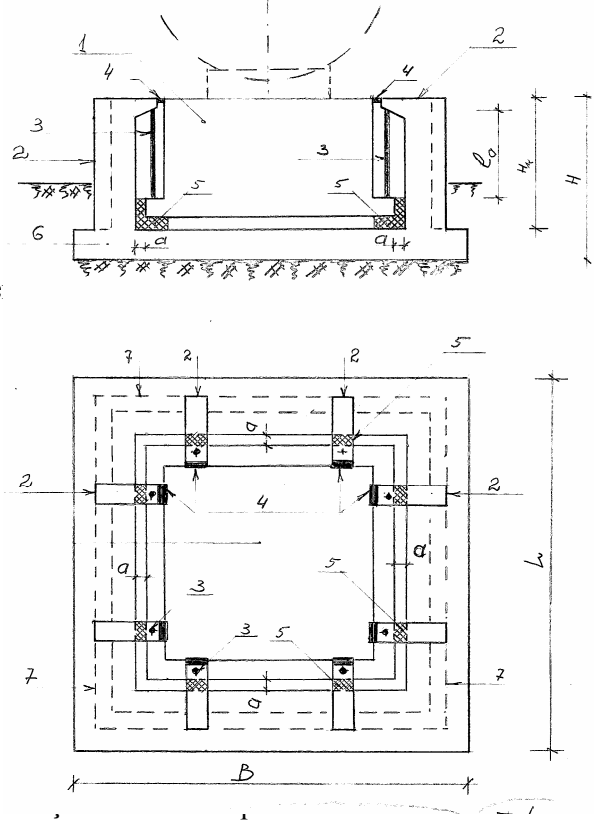
Bu talepler doğrultusunda hazırlanan yapısal düzenlemenin esasını teleskop temelinin büyük sertliğe sahip kısa kolonlardan hassas askılar aracılığı ile asılan yatay çerçeveler üzerine yapılması prensibi oluşturmaktadır [1], [2].

Yatay olarak düzenlenen betonarme yatay asma çerçeve bir-biri ile sürekli birleşik krişlerden oluşmaktadır. Bu çerçevenin elemanlarının tümü aynı yatay düzlem üzerinde yerleşiktir. Sert kısa kolonların temelleri sürekli radye temel veya ızgara şeklinde tasarlanabilir. Teleskop temeli çevresi üzerine dış cephe duvarlarından (0,40-0,50)m uzaklıkta teleskop temeli üst seviyesi yüksekliğinde bir koruma duvarı yer alır. Bu duvarlarda sert kısa kolonların temelleri üzerine yapılır. Bu duvarların üst seviyeleri teleskopun asılmış temeli ile betonarme bağ levhası aracılığı ile birleştirilir. Bağ levhalarının yük taşıma kapasitesi teleskop temeline MM (Modulikasyon Merkali) çizelgesi ile 6 şiddetinde deprem etkisinden kopacak nitelikte seçilmelidir [2]. Şöyle ki, koruyucu duvar ve onun asılmış temel ile birleşimi teleskopun rüzgar, mikrotitreşimler ve 6 şiddetinde deprem etkisinde adi sert temeller üzerinde yapılan teleskoplar gibi kullanımını temin edecektir.

Sert kolon temelleri ile teleskop temeli arasına kauçuktan veya lastikten yapılan elastik yastıklar yerleştirilecektir. Burada esas olan husus şudur ki, teleskopa etkiyen yüksek şiddetli depremlerde koruyucu duvarla teleskop temelinin birleşimi (bağ levhası) sismik yükün 6 şiddetine uygun kısmından dağılsın ve deprem yükünün sonraki artışında teleskop narın askılardan asılan bir sistem gibi çalışabilsin. Bu durumda asılan teleskop temeli asılma noktası deprem etkisi ile hareket eden bir matematiksel sarkaç gibi titreşimde bulunur. Bu yapısal düzenlemede hassas askılar teleskop ağırlığını kabul edip sert kolonlara aktara bilmek görevini üstlenmektedir, sert kolonlar ile teleskop temeli arasına konulan elastik yastıklar ise teleskopa etkiyen depremin dinamik etkisini söndürebilmek için konur. Elastik yastık

malzemenin mekanik özelliklerine bağlı olarak onun uzunluğu, eni ve kalınlığı seçilir. Burada yer alan elastik yastık teleskopun düşey statik yükünü aktarmamaktadır. Teleskopun statik düşey yükleri hassas askılar ile aktarılacaktır. Sismik yüklerin dinamik etkisi ise elastik yastıklar ile aktarılacaktır.

1. Teleskopun hassas askılarla asma temeli betonarmeden veya çelikten yapılabilir;
 2. Kısa sert kolonlar;
 3. Hassas askılar;
 4. Titreşim ve su yalıtımına sahip malzemede yapılacak;
 5. Elastik yastıklar;
 6. Teleskop taşıyıcı sistemin genel temeli;
 7. Koruma duvarı.
- a ve l_a değerleri sismik bölge ve teleskop karakteristiklerine bağlı olarak hesaplanacak.



Kaynaklar

- [1] Eyyubov, C., (1970), "Binalara Etkin Sismik Yüklerin Azaltılması Yöntemleri", Azerbaycan NIISM-nin yayınları, No 34, Bakü.
- [2] Eyyubov, C., (1978), "Binaların Depreme Dayanıklığı", Azerbaycan Devlet Yayınevi, Bakü.