

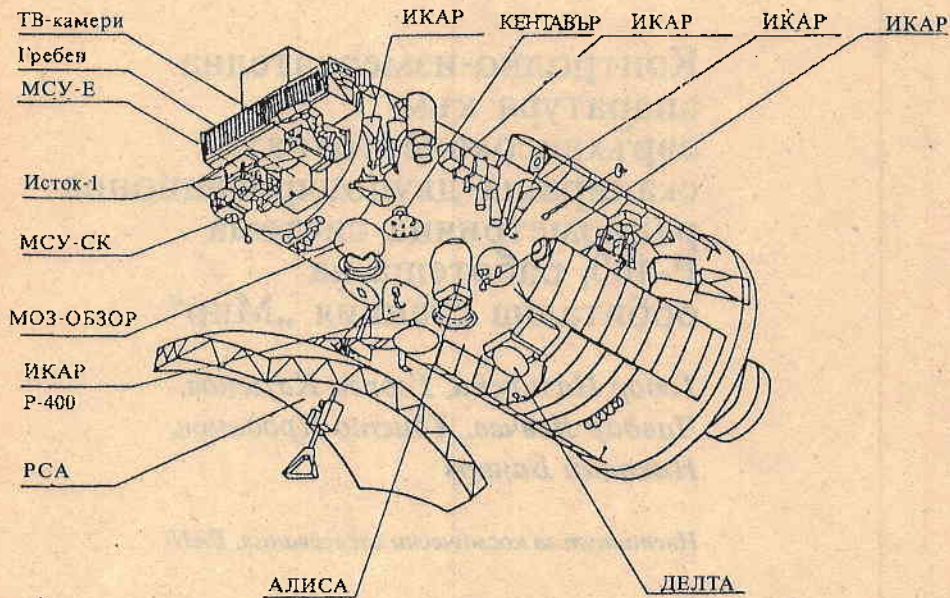
**Контролно-измервателна
апаратура към
свръхвисокочестотната
сканираща двуполяризационна
радиометрична система
P-400, работеща на
орбитална станция „Мир“**

*Тодор Назърски, Георги Каменов,
Чавдар Левчев, Христо Проданов,
Николай Банков*

Институт за космически изследвания, БАН

В Института за космически изследвания при БАН са получени първите резултати от измервания, проведени с разработената свръхвисокочестотна сканираща двуполяризационна радиометрична система P-400 [1]. Тя е предназначена за измерване на амплитудното и пространственото разпределение на собственото радиотоплинно излъчване на земната повърхност в микровълновия диапазон. Данните, получени от системата, позволяват решаването на следните основни задачи [2]: определяне на температурата на водни басейни, на влажността на повърхностния почвен слой, зоната на валежи, възрастта на ледниците в полярните области, разпределянето на плаващите ледове в полярните райони и т.п. Съвместната обработка на данните от системата P-400 и от другите системи от Комплекса научна апаратура (КНА) „Природа“, позволяват решаването на ред научноприложни задачи, свързани с глобалния екологичен мониторинг на Земята, в това число и за ставащото все по-актуално изучаване на екологичните катастрофи [3, 4]. Системата е част от този уникален комплекс, работещ на орбитална станция „Мир“ за изпълнение на научната програма на проект „Природа“ [5]. В разработката на този най-голям и авторитетен международен проект в областта на

дистанционните изследвания на Земята от Космоса участват учени и специалисти от Армения, България, Германия, Италия, Полша, Русия, САЩ, Украйна, Франция и Швейцария. Специализираният модул „Природа“, на който е монтиран КНА, е изведен в орбита на 24.04.1996 г. и скачен със станцията „Мир“ в началото на май същата година (фиг.1). Модулът включва 17 различни системи за дистанционно изследване на Земята от Космоса във видимия, инфрачервения и в микровълновия диапазон на електромагнитния спектър.



Фиг. 1

За да се гарантира надеждността и нормалната работа на апаратурата в условията на космическото пространство около Земята, в лабораторни условия се провеждат различни изпитания и тестове, доказващи функционалността на системите. Част от тези измервания за системата Р-400 се извършва с автономна контролно-измервателна апаратура (КИА) [6], разработена от екипа – създател на системата.

За да се илюстрират функциите и начинът на работа на контролно-измервателната апаратура, е необходимо да се обясни в най-общи линии принципът на действие на радиометричната система Р-400. Тя се състои от:

- блок сканираща двуполяризационна антена;
- блок електроника.

I. Блок сканираща двуполяризационна антена

Сканиращата двуполяризационна антена (СА) осъществява реверсивно конично сканиране на диаграмата на насоченост (ДН) за сметка на въртене на облъчвателя на ъгъл $\varphi = \pm 35^\circ$ с помощта на специален сканиращ електродвигател (СД). За запазване на постоянна

форма на ДН в целия диапазон на сканиране се използва сферично огледало. Превключването на хоризонталната и вертикалната поляризация се осъществява в края на всеки ред от сканирането с помощта на електронен комутатор (ЕК). Блокът е монтиран на външната повърхност на модула „Природа“ и работи в условията на космическото пространство. Общият вид на сканиращата двуполяризационна антена е показан на фиг. 2.

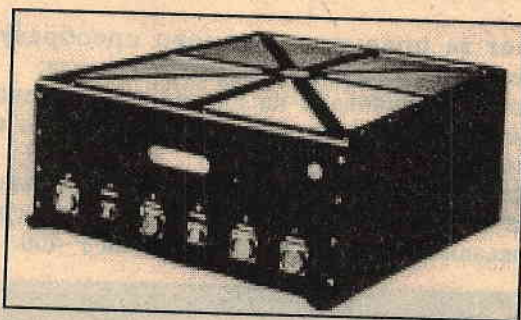


Фиг. 2

По повърхността на СА са разположени пет полупроводникови датчика за измерване на температурата. Измерените температури влизат в алгоритъма за преобразуване на постъпващите от радиометъра данни в съответните физични величини.

II. Блок електроника

Общият външен вид на блок електроника (БЕ) е показан на фиг. 3. В него се намират всички свръхвисокочестотни и електронни възли на системата.



Фиг. 3

Свръхвисокочестотният сигнал на изхода на сканиращата антена съответства на приетите хоризонтална и вертикална съставяща на измерваното радиотоплинно поле. От БЕ с ниска честота F_n се модулира измерваният сигнал в ЕК. На входа на радиометричния приемник (БЕ) последователно постъпват приетите от СА хоризонтална и вертикална съставяща на радиотоплинното поле. Те се редуват на всеки 4 s, времето на един скан. В смесителя на приемника се извършва честотно преобразуване на приетите сигнали. После те се усилват по междинна честота, квадратично се детектират и се усилват от предварителен

нискочестотен усилвател. След това сигналите постъпват в нискочестотен блок, където се филтрират синхронно, усилват се и синхронно се детектират. Информационният сигнал на изхода на приемника е пропорционален на хоризонталната и вертикалната съставяща на измерваното радиотоплинно излъчване.

За отчитане на флукуацията на коефициента на усилване на приемника е предвиден еталонен калибровъчен тракт. Сигнал с подходящо ниво от еталонен генератор на шум се модулира с ниска честота $2F_{\text{н}}$ и се подава на входа на смесителя на приемника, където се извършва честотно преобразуване и по-нататъшна обработка в нискочестотния тракт. Еталонният калибровъчен сигнал на изхода е пропорционален на нивото на еталонния генератор на шум. Този сигнал, заедно с информационния сигнал на изхода, влиза в алгоритъма за преобразуване на постъпващите от радиометъра данни в съответните физични величини.

В БЕ се формира циклограмата на работа на системата Р-400 и командите за управление на сканиращия електродвигател.

БЕ е монтиран в херметизирания модул на станцията „Мир“.

От начина на действие на системата Р-400 се вижда, че КИА трябва да обезпечи проверката на нейната функционалност и да даде възможност за експресна обработка и визуализация на получената информация. В този смисъл КИА Р-400 трябва да осигурява:

— захранващо електрическо напрежение от източник на постоянен ток с номинал 27 V в диапазона от 22 до 34 V;

— формиране и подаване на шумов свръхвисокочестотен сигнал с неравномерно разпределение по ъгъла на сканиране;

— контрол на сигналите, подавани на телеметричната система на космическия носител;

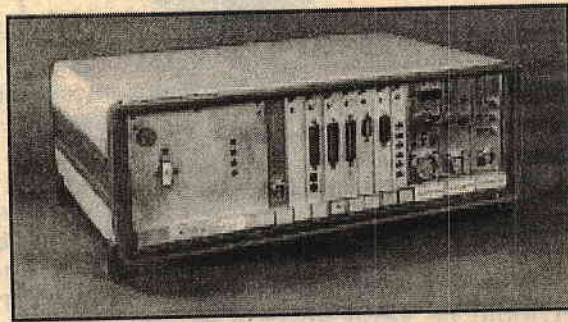
— всички команди, които се подават за управление и сигнализация на системата Р-400;

— възможност за приемане, цифрово преобразуване и запис на информационните и служебните канали на системата;

— възможност за получаване на цветно изображение на монитор на компютър на основни данни, получени в цифров вид от информационните и служебните канали;

— възможност за контрол на служебната информация на системата Р-400, която може да бъде представена в табличен и в графичен вид.

На фиг.4 е показан външният вид на КИА на Р-400.



Фиг. 4

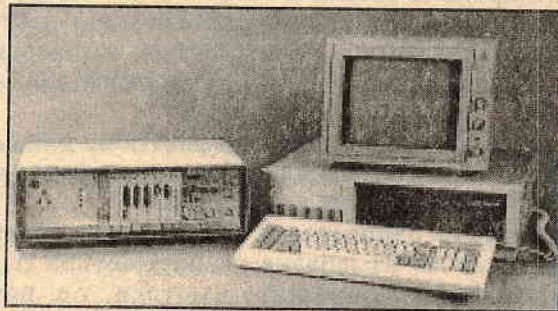
Захранващото напрежение се осигурява от блок захранване (БЗ). На лицевия панел на блока са разположени три бутона за превключване на напреженията 24, 27 и 32 V и три светодиода за индикация на посочените напрежения: жълт — 24 V, зелен — 27 V, и червен — 32 V.

Блокът за управление на двата вторични източника на напрежение (БУН) на системата Р-400 с помощта на два бутона при необходимост превключва този източник, като това се индицира с два светодиода — съответно зелен и червен.

Блокът за телеметричен контрол (БТК) проверява всички данни, транспирани по телеметричния канал на станцията „Мир“. Това са сигналите, получавани от температурните датчици на системата Р-400, състоянието на облъчвателя на АС след подаване от Земята на сигнал за включване на системата за работа и кой от двата вторични токоизточника работи в момента на телеметричния контрол, като първият се индицира със зелен светодиод, а вторият — с червен.

Блокът за имитиране на сигнала (БИС) формира шумов свръхвисокочестотен сигнал с неравномерно разпределение на нивото по ъгъла на сканиране, което позволява да се имитира радиотоплинен сигнал.

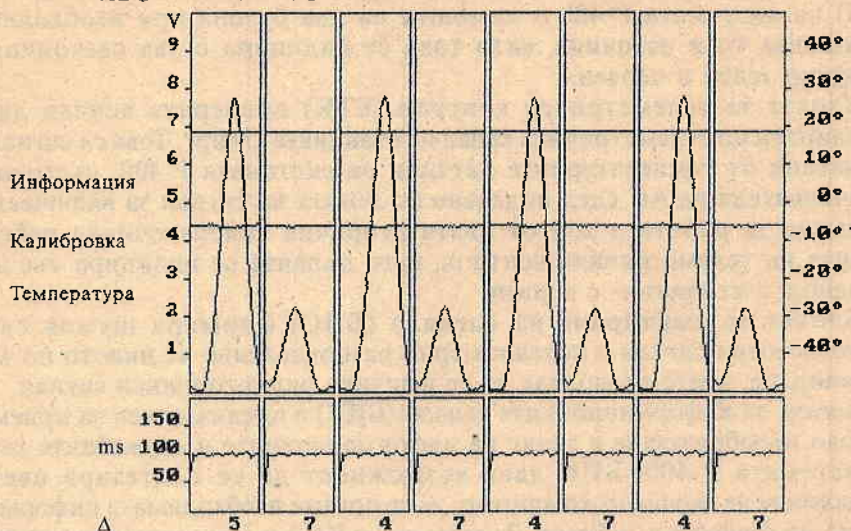
Блокът за информационните канали (БИК) е предназначен за приемане, цифрово преобразуване и запис на информационните и служебните канали на системата Р-400. БИК дава възможност да се синтезира цветово изображение на екрана на компютър, да се покаже необходимата информация във вид на графики и таблици. За тази цел в КИА е предвидена възможност за връзка с компютър и непосредствен запис и обработка на получената информация (фиг.5). Сама за себе си, контролно-измервателната апаратура на системата Р-400 представлява система за събиране на информация и при подходящ софтуер може да бъде използвана и за други цели.



Фиг. 5

На фиг.6 са демонстрирани част от възможностите на КИА на Р-400. На най-горния ред са изписани номерата на поредните сканове, които се сменят на всеки 4s. На втория ред е показан видът поляризация, като условно е прието вертикалната да се отбелязва с 1, а хоризонталната — с 0. На третия ред е изписано времето, необходимо за смяна на посоката на сканиране на облъчвателя (време за реверс). На четвъртия ред е показано времето на всеки скан. На петия ред е изписана температурата на съответните датчици на системата.

Блок №	34	35	36	37	38	39	40	41
H/V	0	1	0	1	0	1	0	1
t реверс	179	192	179	192	178	192	178	191
t h/v	3932	3927	3932	3927	3934	3923	3934	3926
T, °C	18°	17°	39°	17°	17°	20°	18°	17°
ADC	+/-4	+/-5	+/-0	+/-1	+/-2	+/-3	+/-4	+/-5



Фиг. 6

В средната част на фиг.6 графично са показани информационният и калибровъчният сигнал за двете поляризации, а така също и температурата на двигателя на сканиращата антена. В показаната илюстрация се забелязва разлика около 5 V на информационния сигнал между двете поляризации. Нивото на калибровъчния сигнал е права линия, отговаряща на 7 V през цялото време на сканиране, а температурата на двигателя се мени с десети от градуса.

В долната част на фиг.6 е показана графиката на динамичната грешка на двигателя на сканиращата антена или времето между два последователни стробиращи импулса, което трябва да е 100 ms.

За да се контролира работата на сканиращия двигател, в КИА е предвидена възможност за измерване на параметъра Δ , който показва абсолютната грешка на стробиращите импулси, т.е. разликата между максималното и минималното време, измерено в рамките на един скан.

Получените резултати от проведените сеанси на орбита показват, че системата Р-400 работи нормално, без отклонение от техническите си параметри и с необходимата точност на измерване, което в голяма степен е резултат и от приетата правилна идеология за разработката на автономната контролно-измервателна апаратура.

Системата Р-400 и нейната контролно-измервателна апаратура са разработени със средства, опуснати от МОНТ — фонд „Научни изследвания — науки за Земята“.

Литература

1. Nazarsky, T., G. Dimitrov, Ch. Levchev, G. Mardirossian, Hr. Prodanov. Superhighfrequency twopolarization radiometric system "R-400" on board of the "Priroda" module constituting a part of the "Mir" orbital complex. Aerospace Research in Bulgaria, 1994, №11.
2. Сверхвысокочастотная двухполяризационная радиометрическая система Р-400. Техническое описание КИ.К03.001.ТО. ИКИ — БАН, 1993, 6—7.
3. Мардиросян, Г. От Космоса срещу екологичните катастрофи. С., БАН, 1992, 190 с.
4. Mardirossian, G. Aerospace study of some parameters of seismic precursors. — Bulg. Geoph. Journal, XXIII, 1997, №1—2.
5. Международны целевой комплексны проект ПРИРОДА. Научная программа экспериментов. Москва, 1993.
6. Контрольно-испытательная аппаратура сверхвысокочастотной сканирующей двухполяризационной радиометрической системы. Техническое описание КИ.К04.001 ТО и Инструкция по эксплуатации КИ.К04.001 ИЭ. ИКИ—БАН, 1993.

Постъпила на 23.VI.1997г.

Measurement-control equipment for the superhighfrequency scanning twopolarization radiometric system R-400, working on board of the "Mir" orbital station

*Todor Nazarsky, Georgi Kamenov,
Chavdar Levchev, Hristo Prodanov,
Nikolai Bankov*

(Summary)

The paper contains the description of the control-measurement equipment (CME), designed at the Space Research Institute — BAS for the purpose of controlling the operation of the superhighfrequency twopolarization radiometric system R-400, constituting a part of the „Priroda“ scientific equipment complex (SEC), working on board of the „Mir“ orbital station.