

# SENS ' 2 0 0 6

Second Scientific Conference with International Participation  
**SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY**  
14 – 16 June 2006, Varna, Bulgaria

---

## **ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА МИКРОПРОЦЕСОРНИ ПЕРИФЕРНИ УСТРОЙСТВА ВЪРХУ ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ИЗЛЪЧВАНЕ НА КОСМИЧЕСКИ ПРИБОР**

**Румен Шкевов, Павлин Граматиков**

*Институт за космически изследвания – БАН,  
1000 София, ул. "Московска" 6*

**Ключови думи:** *космически прибори, електромагнитна съвместимост, радиочестотни смущения*

**Абстракт:**

*Изследвано е влиянието на интерфейсите устройства върху общата електро-магнитна съвместимост на наземен вариант на космически прибор. Измерени са амплитудите на излъчваните радиочестотни смущения в отворено състояние на отделните модули, захранени от вторичния източник на захранване. Направените измервания са в пълно съответствие с процедурите, изискванията и стандартите за провеждане на измервания на електро-магнитна съвместимост на космически електронни измерителни инструменти. Като база за изследването са използвани измерените радиочестотни смущения на микропроцесорния блок с изключени интерфейсни устройства. Блок-схемата на прибора и резултатите от измерванията са показани в графичен вид.*

## **SPACE INSTRUMENTS FULL ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE INVESTIGATION AFFECTED BY THE MICROPROCESSOR'S INTERFACES**

**Rumen Shkevov, Pavlin Gramatikov**

*Space Research Institute – BAS, 6 Moskovska Str. 1000 Sofia*

**Key words:** *space instruments, electromagnetic compatibility (EMC), radio-frequency interference (RFI)*

**Abstract:**

*The influence of the microprocessor's interfaces on the full electromagnetic compatibility (EMC) of the ground variant of the space instrument is investigated. Radio-frequency interference (RFI) amplitude is measured on the open wiring modules, powered from secondary power supply unit. The lead investigation is conducted with an exact compliance with the specifications and space instruments standards documents for EMC measurements. The measured (RFI) values of the microprocessor board without interfaces are used as a base for conclusions. The block diagram of the instrument and charts of the obtained results are shown.*

## Въведение

Едно от основните технически изисквания, предявявани към космическите електронни инструменти е електромагнитната им съвместимост с комплекса бордова апаратура. Съществуват изисквания и стандарти, които се явяват базови документи [1], [2] и [3] за провеждане на такива измервания. В ИКИ-БАН има натрупан опит при изследване и оптимизиране на EMC и RFI на микропроцесорни системи с периферни устройства, като ССОД “ЗОРА” от програмата “Шипка” и системата “Невролаб-В” от съвместен проект с DARA. Те успешно издържаха изпитанията според документа [3], вече заменен от новите стандарти [1], [2] и нормално работиха на борда на космическата станция “МИР”. При тяхното изследване бе забелязано неблагоприятното влияние на периферните устройства, като дисплеи, клавиатури и др. външни устройства върху общото електромагнитно излъчване на приборите. От гледна точка на EMC, при ССОД “ЗОРА” имаше два основни проблема: голяма амплитуда на променливотоковите пулсации в бордната верига, причинени от опресняването на дисплея с около 55 Hz и радиочестотно излъчване на дисплея. Технологичният вариант на системата “Невролаб-В” имаше недопустими нива на EMC в диапазоните 0.4–8 MHz и 15–30 MHz, поради излъчването на дисплея [4]. При новите микропроцесорни системи и периферни устройства, работещи със значително по-високи работни честоти на процесорите и дисплея, може да се получат недопустимо високи нива на смущенията, излъчени от клавиатурата, радиаторите на процесора и др., зависещи от конкретната модификация на микропроцесорната система. Основният въпрос е в каква степен електромагнитните смущения влияят върху работоспособността на конкретния прибор и комплекса от научна апаратура на борда на космическия апарат. Един от възможните подходи към решаване на проблема е разделянето му на три части – компютърна симулация на електромагнитните емисии [5], [6], реализация на модула [7] и оптимизация в реални условия. Нашият опит в реализация на космически прибори [4] и [8] показва, че на ниво лабораторен и технологичен образец може да се извърши голяма част от изследването и оптимизацията на електромагнитната съвместимост. В източниците [1], [2] са описани допустимите спектри и методиките за тестване на електронни инструменти с космическо назначение, отнасящи се за Международната космическа станция.

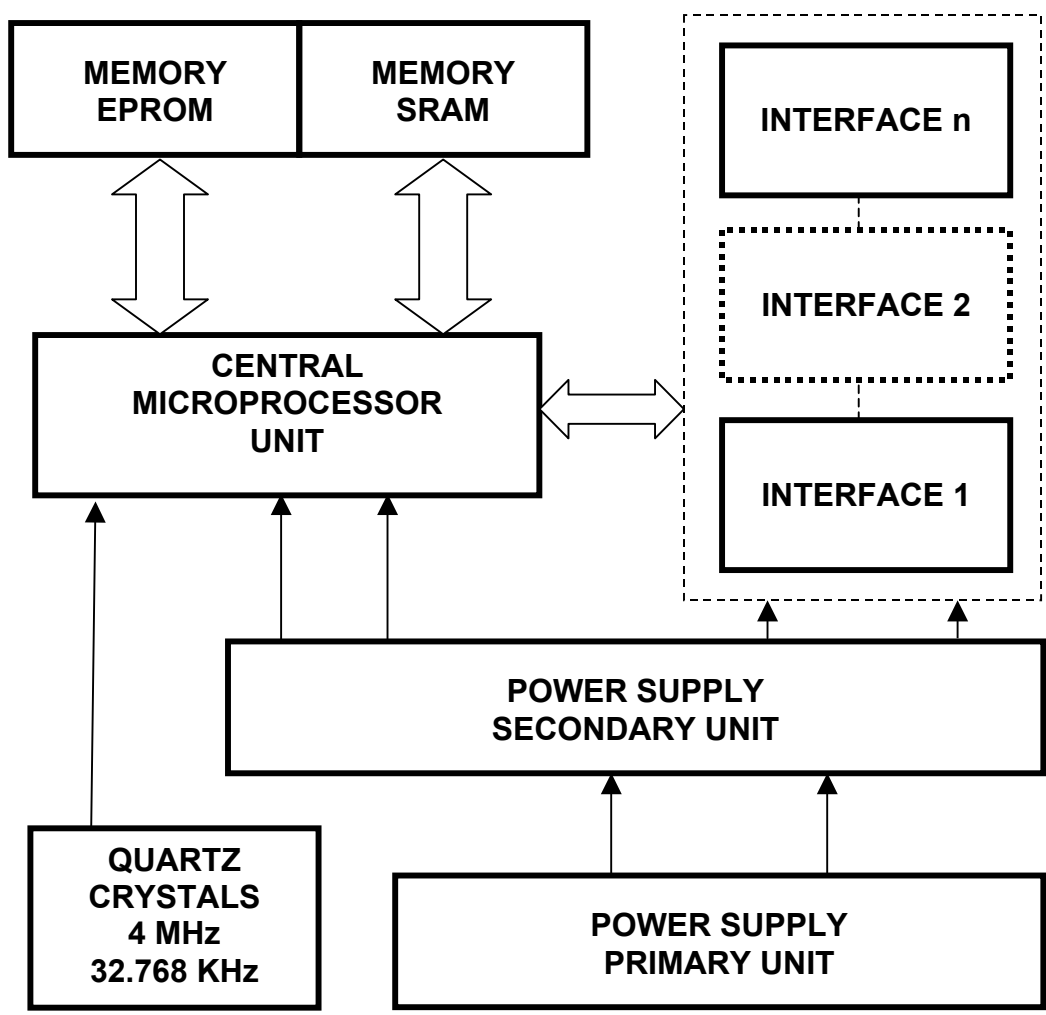
## Методи на изследването

На фиг.1 е представена блоковата схема на една модификация на микропроцесорна система. Както е показано в [2], профилът на нормите за максимално допустимата напрегнатост на електрическо поле в честотния диапазон 100 -1000MHz може да бъде описан с формулата:

$$E_{QP} = 36 + 19.lg \left( \frac{f}{100} \right) \quad [\text{dBmicroV/m}], \quad (1)$$

където  $E_{QP}$  е допустимата напрегнатост на електрическото поле в [dBmicroV/m], а  $f$  е честотата в [MHz].

Както се вижда от фиг.1 блокът работи с два кварцови кристала - на 32768Hz и 4 MHz. Микропроцесорът от своя страна работи с кратната на 4 MHz - 16 MHz или по-висока честота в зависимост от версията на блока. Известно е, че основната честота на хармоничните съставки е пропорционална на половината от продължителността на времето за нарастване (спадане) на фронтите на сигнала [9]. Колкото е по-стръмен фронтът, на толкова по-висока честота можем да очакваме хармонични сигнали, породени от даденият сигнал. Освен това трябва да бъде отчетена и интерференцията между различните честоти и техните кратни сигнали. Допълнително, спектърът на излъчвания сигнал се променя в зависимост от режима на работа на софтуера, като отделните софтуерни режими формират и различни спектри. Подтискането на спектри с променлив профил налага използването на широкодиапазонни средства за понижаване на амплитудите на емисиите, каквито са различните видове екрани.



Фиг.1. Блокова схема на изследваната микропроцесорна система

Известно е, че затихването при поглъщане на екран може да се опише с формулата [9]:

$$B = 0.132 t \sqrt{f G \mu_r} \quad [\text{dB}], \quad (2)$$

където  $B$  - затихването при поглъщане на екрана в [dB],  $t$  - дебелината на екрана в [ $\mu\text{m}$ ],  $f$  - честотата в [MHz],  $G$  - относителната електропроводимост, а  $\mu_r$  – относителната магнитна проницаемост.

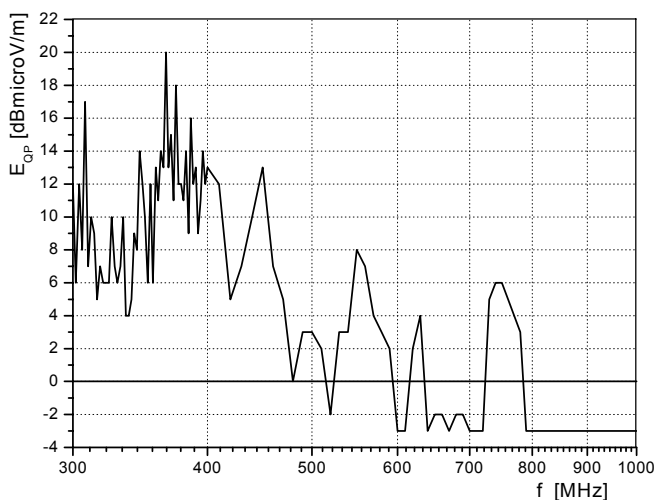
### Експериментални резултати

Проведените изследвания бяха насочени към изучаване на излъчвания електромагнитен спектър на управлявани от микропроцесорни системи електронни инструменти с приложение на борда на обитаеми космически обекти. Те се характеризират с наличието на специализирани интерфейси, предназначени за директна комуникация и управление от човек. Такива са клавиатури, дисплеи, монитори, печатащи устройства и др. Изследваната експериментална установка бе изградена от микропроцесорен блок, течнокристален дисплей с вградено локално управление, клавиатура с механични ключове, управлявани външни устройства и вторичен импулсен преобразувател на напрежение. Чрез пряко измерване бяха установени основните източници на излъчване. В изследваната версия на микропроцесорния блок най-силно излъчваха CPU, EPROM и SRAM чиповете и шините на тяхното опроводяване. Всеки конкретен конструктивен вариант на системата има специфично излъчване, характеризиращо се със специфичен профил на смущенията. Проведените измервания са направени в съответствие с процедурите описани в [1], [2], [10].

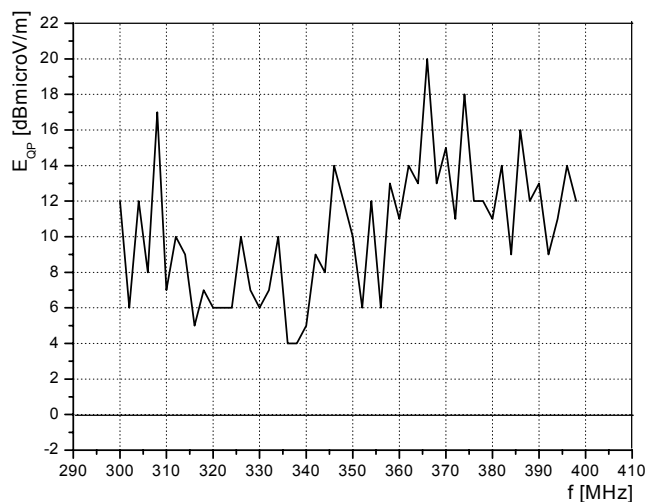
На фиг. 2 е представен резултатът от измерването на спектъра на излъчените радишумове  $E_{QP1}$  на отворен неекраниран микропроцесорен блок от 300 до 1000 MHz, който се използва като базов спектър за изследването. Както се вижда на фигурата, най-високи амплитуди на шумовете се наблюдават на честоти от 300 до 450 MHz. Профилът на амплитудите на фиг.3 показва висока концентрация на хармоничните честоти на устройството в този диапазон. Затова подробно беше изследвано излъчването на микропроцесорната система в този честотен обхват. При провеждане на изследването бяха използвани ферити и немагнитни екрани с различни геометрични форми и размери. Изследвани бяха плоски едностранни и двустранни екрани, съизмерими с размерите на платките. Проверени бяха влиянието на разстоянието между екрана и платките, както и видът и мястото на заземяването на екрана. Влиянието на феритите и тяхното местоположение не даде положителен резултат.

Изследването на електромагнитната съвместимост на захранващия блок и генерираните от него радишумове показва, че захранващият блок не внася съществени емисии над 6 MHz.

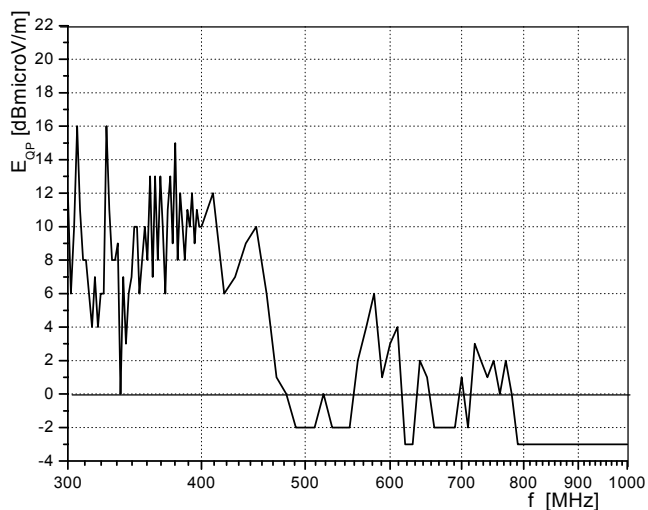
На фиг. 4 се вижда резултатът от измерването на напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP2}$  на отворени екранирани микропроцесорен блок и периферия от 300 до 1000 MHz. Използвани бяха плоски, локални, немагнитни екрани, съизмерими с размерите на платките.



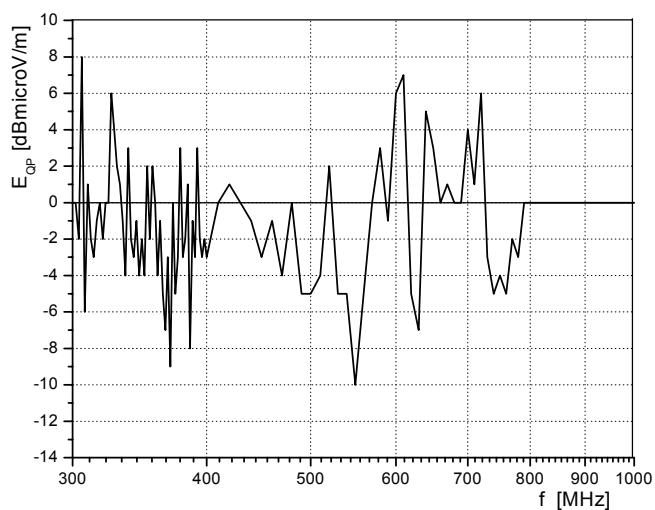
Фиг. 2. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP1}$  на отворен неекраниран микропроцесо-рен блок до 1000 MHz



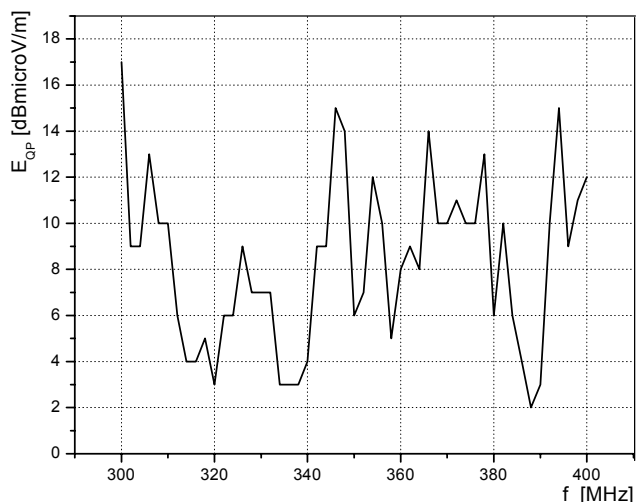
Фиг. 3. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP1}$  на отворен неекраниран микропроцесо-рен блок до 400 MHz



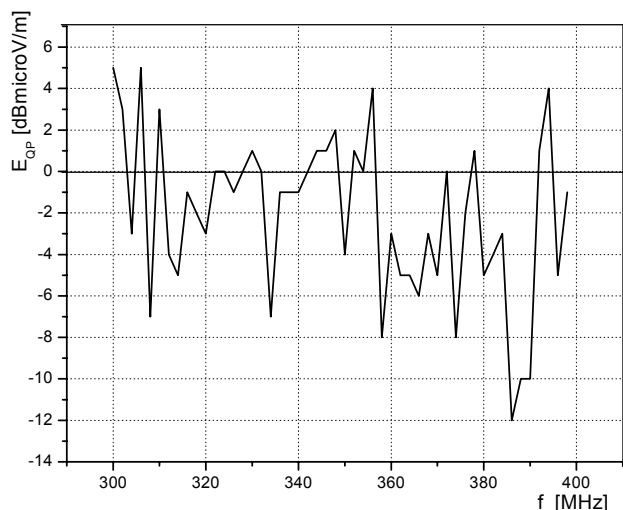
Фиг. 4. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP2}$  на отворени екранирани микропроцесо-рен блок и периферия до 1000 MHz



Фиг. 5. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове  $\Delta E_{QP1}$  до 1000 MHz



Фиг. 6. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP3}$  на отворени екраниран микропроцесорен блок и неекранирана периферия от 300 до 400 MHz



Фиг. 7. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове  $\Delta E_{QP2}$  от 300 до 400 MHz

На фиг. 5 е показано изменението в профила на амплитудите  $\Delta E_{QP1}$  от 300 до 1000 MHz, при добавяне към микропроцесорния блок на екранирани периферни устройства, където  $\Delta E_{QP1}$  е :

$$\Delta E_{QP1} = E_{QP2} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}] \quad (3),$$

Фиг. 6 показва спектъра на излъчените електромагнитни смущения на екраниран микропроцесорен блок и неекранирана периферия в честотния диапазон от 300 до 400 MHz. При сравнението между фиг. 4 и фиг. 6 се забелязват разлики от няколко dBmicroV/m в измерените амплитуди на  $\Delta E_{QP}$ . Фиг. 7 представя промяната в напрегнатостта на излъчените радишумове  $\Delta E_{QP2}$ , където:

$$\Delta E_{QP2} = E_{QP3} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}] \quad (4).$$

Кривата  $\Delta E_{QP2}$  е резултат от добавяне на неекранирана периферия към екраниран микропроцесорен блок.

### Заклучение

Проведеното изследване на дадената микропроцесорна система показва съществено изменение в наблюдавания спектър на електромагнитните смущения  $E_{QP}$ , в резултат на добавяне на екранирани или неекранирани периферни устройства (фиг.4, фиг.6). При анализа на  $\Delta E_{QP}$  за изследваните хардуерни варианти се забелязват

промени в амплитудата на конкретни честоти от +10dBmicroV/m до -12dBmicroV/m (фиг.5, фиг.7.) за различни състояния на системата от гледна точка на RFI. Това води до необходимостта от допълнително подробно изследване и оптимизация на EMC и RFI за конкретната система от този клас, включваща в състава си дисплеи, клавиатури и др. периферни устройства, предназначени за работа на борда на обитаеми космически обекти.

#### Литература:

1. International Space Station Program. NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551pgs.
2. Исходные технические требования к аппаратуре и оборудованию - ИТТ2. Комплекс целевых нагрузок. ИТТ КЦН РС МКС П 34240-515, Ракетно–космическая корпорация “Энергия” имени С. П. Королева, сентябрь 2000г. 111стр.
3. Аппаратура научная – Общие технические требования. Главкосмос, Москва, 1987г.
4. Протокол №01 Квалификационных испытаний (Этап 2), ГНЦ РФ-ИМБП, Проект “Нейролаб”, система “Нейролаб-Б” КМ 01.055.00.00 зав.№01, Оцениваемые показатели: Электромагнитная совместимость, 10.11.1995г.
5. Archambeault B., Ramahi O., Brench C., EMI/EMC Computational Modeling Handbook (2nd Edition), Springer; 2001, 336 p.
6. Estienne J.P., Ferrante J.G., Geometrical & Electromagnetic Modeling for Aerospace Engineering, Proc. “2nd Conference on Advances and Applications of GiD,18- 20 February 2004”,Barcelona, Spain.
7. Everett III, Woodrow W., Everett Jr., Woodrow W., and Griffin, Donald W., "Experimental Evaluation of Microprocessor Susceptibility in the 300 MHz to 1.0 GHz Range," 1984 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 1, Tokyo, Japan, Oct. 16-18, 1984, pp. 216-221.
8. Television observations of Phobos G.A.Avanesov, ....P.Gromatikov,....et all. Nature V.341, 1989, 585-587p.
9. Источники вторичного электропитания. Букреев С.С., Головацкий В.А., и др., -М.: Радио и связь, 1983. – 280с.
10. Sketoe J. G., Integrated circuit electromagnetic immunity handbook, Tech. Rep. NASA/CR-2000 - 210017, Boing Information, Space and Defense Systems, Seattle, WA, 2000.