

## ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА КОСМИЧЕСКИ ПРИБОР „AMEF-WB”

Павлин Граматиков

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: pgramatikov@space.bas.bg*

**Ключови думи:** Вторични източници за захранване, проектиране на ключови източници за захранване, ефективност на електрозахранващите източници, електрозахранващи системи.

**Резюме:** Представена е електрозахранваща система, като нейните схемни и структурни решения са изпитвани и реализирани във вторичната електрозахранваща система на космическия прибор „AMEF-WB”.

## SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM OF SPACE EQUIPMENT „AMEF-WB”

Pavlin Gramatikov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: pgramatikov@space.bas.bg*

**Keywords:** secondary power supplies, switching power supply design, power supplies efficiency, power systems.

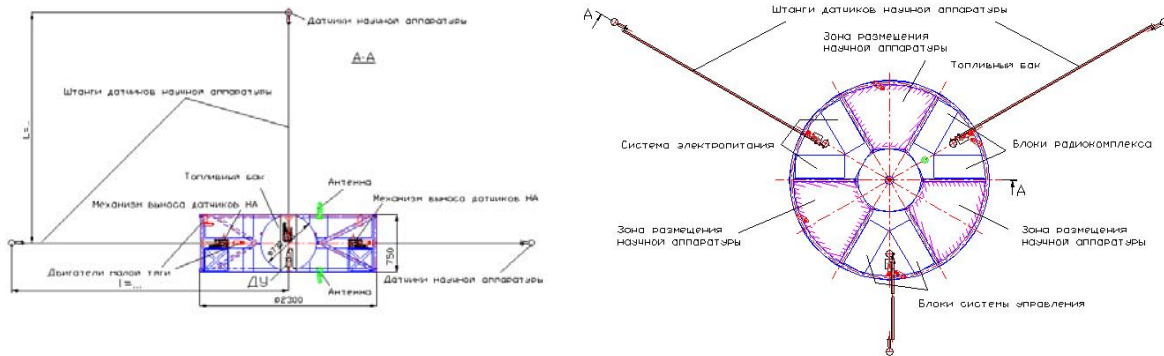
**Abstract:** Presented power system have been tested and implemented schemes and structural solutions of secondary power supply system of space equipment „AMEF-WB”.

### Въведение

В бордната апаратура, която служи за събиране на информация за различни космически процеси задължителен функционален елемент се явяват вторичните електрозахранващи източници (ВЕИ) и вторичните електрозахранващи системи (ВЕС). Настоящото изложение обхваща проектната дейност, реализацията и изследванията на космическа ВЕС за прибор „AMEF-WB”, част от проект „Резонанс”, предназначен за изследване на електромагнитните полета и взаимодействията на вълни и частици във вътрешната магнитосфера на Земята чрез използване на високоапогейни спътници. Разработеното схемно и конструктивно решение на ВЕС е изпитвано и проверено в Русия в условията на специализирани лаборатории, съгласно космическите стандарти за изпитване и експлоатация на космическа апаратура.

В проекта „Резонанс” се използва съзвездие от микросателити, предназначено за изучаване на магнитосферата на Земята. Целите на мисията са изследването на: еволюцията на магнитното поле; пръстеновидните токове; магнитосферните бури и плазмената динамика. Сателитите ще работят по двойки в пресичащи се елиптични орбити от  $500\text{ km} \times 28000\text{ km}$  при наклон  $63.4^\circ$ . Ракетата носител се предвижда да бъде Soyuz-2-1b Fregat-M, а четирите спътника е възможно да бъдат изстреляни през 2019 година [1].

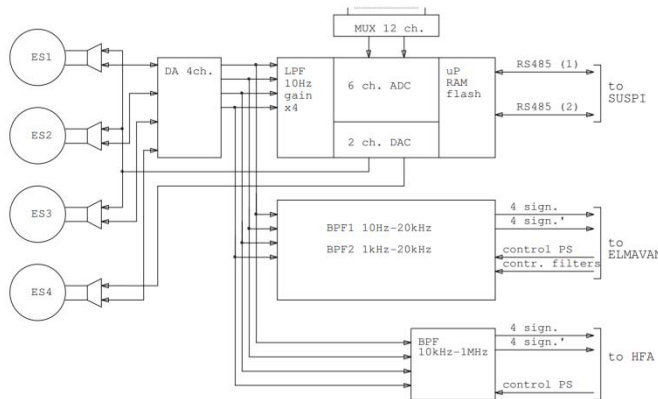
На Фиг. 1 е даден космическият апарат „Резонанс”, с общо тегло  $550\text{ kg}$ , от които  $100\text{ kg}$  са за научна апаратура [4]. Две двойки спътници ще бъдат изведени на специално подбрани орбити - така наречените магнитносинхронни. Периодът на въртене на спътниците е около  $8\text{ h}$  и в първата фаза на експеримента спътниците ще преминават през авроралната област на Земята в противофаза [4].



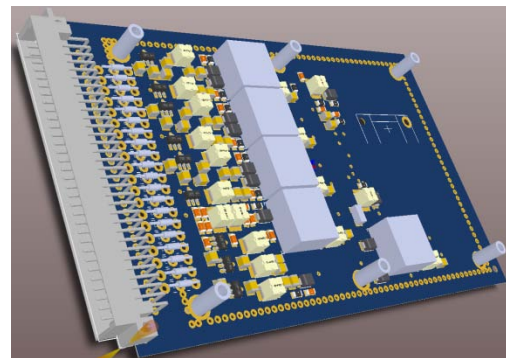
Фиг. 1. Компонувъчна схема на космическия апарат „Резонанс“

### Експериментална част

Приборът „AMEF-WB“ представлява комплексен приемник на електрически полета. Състои се от четири детектора и електронни модули [4]. Функционалната схема на прибора „AMEF-WB“ е дадена на фиг. 2 [9]. На фиг. 3 е даден модел на ВЕС-AMEF за прибор „AMEF-WB“, получен в окончателния етап от проектирането и пространствената компоновка на модула.



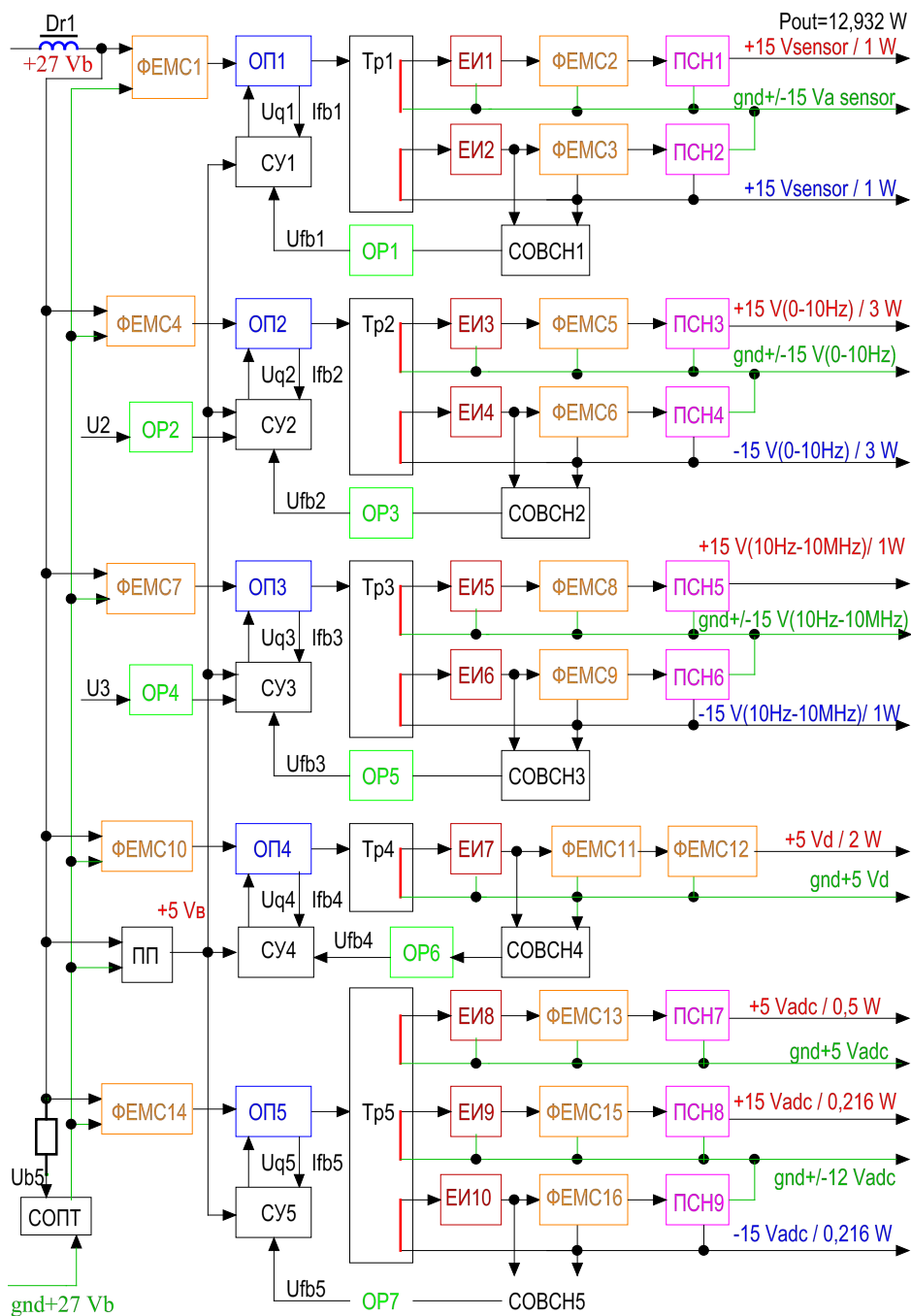
Фиг. 2. Функционалната схема на "AMEF-WB"



Фиг. 3. Модел на ВЕС-AMEF, прибор "AMEF-WB"

На Фиг. 4 е дадена функционалната схема на ВЕС-AMEF за прибор „AMEF-WB“. Захранването на всички системи, блокове и устройства на „AMEF-WB“ се извършва от пет модула на импулсни преобразуватели, състоящи се от еднопътни изправители ЕИ1-10, обратнокерови преобразуватели ОП1-5, оптронни развързки ОР1-7, последователни стабилизатори на напрежение ПСН1-9, схеми за обратна връзка и стабилизация СОВСН1-5, схема за ограничаване на пусковия ток СОПТ, схеми за управление СУ1-5, трансформатори ТР1-5, филтри за електромагнитна съвместимост ФЕМС1-16. Преобразувателят П1, изграден с ТР1 захранва с мощност до 1 W четирите датчика ES1-4 със стабилизираните напрежения +15 Vsensor и -15 Vsensor, с маса gnd+/-15 Va sensor. При наличие на разрешение U2 (галванично развързано чрез ОР2) преобразувателят П2, изграден с ТР2 захранва с мощност до 3 W аналоговите схеми в българския прибор „AMEF-WB“ със стабилизираните напрежения +15 V (0-10 Hz) и -15 V (0-10 Hz), с отделна аналогова маса gnd+/-15V(0-10 Hz). При наличие на разрешение U3 (галванично развързано чрез ОР4) преобразувателят П3, изграден с ТР3 захранва с мощност до 1 W аналоговите схеми в полския прибор „HFA“ със стабилизираните напрежения +15 V (10 Hz -1 MHz) и -15 V (10 Hz -1 MHz), с отделна аналогова маса gnd+/-15 V (10 Hz -1 MHz). При наличие на бордно напрежение, подадено от СОПТ преобразувателят П4, изграден с ТР4 захранва с мощност до 2 W цифровите схеми в българския прибор "AMEF-WB" със стабилизираното напрежение +5 Vd и цифрова маса gnd+5Vd. При наличие на бордно напрежение, подадено от СОПТ преобразувателят П5, изграден с ТР5 захранва с мощност до 3 W аналогово-цифровия преобразувател (АЦП) на българския прибор „AMEF-WB“ със стабилизираното напрежение +5 Vadc, с цифрова маса gnd+5 Vadc; аналоговите напрежения +15 V adc и -15 V adc, с аналогова маса gnd+/-12 Vadc. Схемата ПП представлява импулсен

източник на напрежение +5 V за захранване на пет схеми за управление СУ1-5. Напрежението Ub5 се използва за захранване на СОПТ от бордната верига +27 Vb.



Фиг. 4. Функционална схема на BEC-AMEF за прибор „AMEF-WB”

Пусковият процес на BEC-AMEF се разделя на два времена. Първото се обуславя от заряда на входните кондензатори, а второто от заряда на изходните кондензатори. Времетраенето на двата процеса при включване към бордната верига трябва да бъде до 100 ms и да се задава от СОПТ. Двата пикови тока в режим на ограничаване съгласно техническото задание не трябва да превишават 1,12 A, а е постигната пикова стойност на тока 0,7 A. При висока консумация или късо съединение на модули от BEC-AMEF или от прибор „AMEF-WB”, по задание трябва да се извърши самоизключване от бордната верига (със запамятаване на състоянието) за време не по-голямо от 110 ms чрез електронен предпазител, изграден в СОПТ. Тогава приборът трябва да консумира минимална мощност от бордната верига, като реално е постигната мощност в изключено състояние 0,08 W. Съгласно изискването на

електромагнитните стандарти за космическа апаратура, задължително е последователното свързване на дросел Dr1. В табл. 1 са дадени коефициентът на полезно действие (КПД) на отделните преобразуватели и общият КПД на ВЕС-AMEF, измерени при различни стойности на бордното напрежение, съответно 20 V, 27 V и 34 V.

Табл. 1

Преобразувател	№	1	2	3	4	5	1,2,3,4,5
P <sub>out</sub>	[W]	1,95	1,92	1,96	2,05	1,20	6,11
КПД / 20 V <sub>b</sub>	%	92,8	88,8	90,7	66,2	77,5	73,2
КПД / 27 V <sub>b</sub>	%	90,3	84,5	86,3	61,8	73,1	71,8
КПД / 34 V <sub>b</sub>	%	84,7	79,6	81,3	51,5	65,5	68,3

### Заклучение

Научно-приложни резултати:

– разработена е ВЕС за широколентов измерител „AMEF-WB”, който позволява измерване на електрическите и магнитни полета в честотната област от 0 – 1 MHz от борда на спътниците по проекти „Резонанс” и „Странник”;

– изготвени са два технологични екземпляра на ВЕС за прибор „AMEF-WB”;

– проведени са успешни изпитвания на технологичен екземпляр на прибора „AMEF-WB” в Русия и Чехия, също така и на интерфейса му и връзката му с телеметрията на спътника.

Предстои провеждане на входен контрол и комплексни изпитвания на прибора и изготвяне на елементи от летателните образци на прибора и сензорите.

### Литература:

- Интернет сайт за проекта Резонанс:  
[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/rezonans.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/rezonans.htm)
- Изучение процессов во внутренней магнитосфере Земли: спутниковые и наземные измерения. М.М. Могилевский, Л.М. Зеленый, А.Г. Демехов, С.Н. Немыкин и команда проекта.  
[http://www.izmiran.ru/POLAR2012/REPORTS/POLAR\\_2012\\_Mogilevskiy.ppt](http://www.izmiran.ru/POLAR2012/REPORTS/POLAR_2012_Mogilevskiy.ppt)  
<http://www.myshared.ru/slide/695560/>
- Могилевский, М.М.<sup>1</sup>, Зеленый Л.М.<sup>1</sup>, Демехов А.Г.<sup>2</sup>, Немыкин С.А.<sup>3</sup>, Изучение процессов во внутренней магнитосфере Земли: спутниковые и наземные измерения <sup>1</sup>Институт космических исследований РАН <sup>2</sup>Институт прикладной физики РАН <sup>3</sup>Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина, ВТОРАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "БАЗЫ ДАННЫХ, ИНСТРУМЕНТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПОЛЯРНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ" 22-26 мая 2012 года, ИЗМИРАН.  
[http://www.ikfia.ysn.ru/images/doc/publication2013/Tezis\\_dokladov%20\\_2012\\_RUS.pdf](http://www.ikfia.ysn.ru/images/doc/publication2013/Tezis_dokladov%20_2012_RUS.pdf)
- Интернет сайт на ИКИ-РАН, Москва за проекта Резонанс:  
<http://www.iki.rssi.ru/resonance/karta.html>
- Спътник Странник и прибор AMEF-WB:  
[http://www.russianspaceweb.com/karat4\\_strannik.html](http://www.russianspaceweb.com/karat4_strannik.html)  
[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/strannik.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/strannik.htm)
- НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ им. С.А. ЛАВОЧКИНА и прибор AMEF-WB:  
<http://www.laspace.ru/projects/information-systems/resonance/>
- Бойчев, Б., М. Могилевский, Г. Беляев, Б. Хотинов, Г. Сотиров, Т. Романцова, В. Бойчев, К. Методиев, П. Граматиков, Г. Сотиров, О. Сантолик, И. Колмашова, Л. Углирж, Й. Баше, Е. Мацушова, З. Хрбачкова, Я. Хум, Ф. Грушка, Р. Лан, Д. Чугунин, Эксперимент по измерению электрических полей в широком диапазоне частот AMEF-WB/ИЭСП-ЗР и анализатор электромагнитных волн ELMAVAN для проекта РЕЗОНАНС, Eight Scientific Conference with International Participation Dedicated to 40 YEARS OF BULGARIA IN SPACE, Space, Ecology, Safety - SES`2012, 4-6. December 2012, Sofia, Bulgaria Proceedings, pp. 119-125, ISSN1313-3888.
- Бойчев, Б., М. Могилевский, Г. Беляев, Б. Хотинов, Г. Сотиров, К. Методиев, Сензори за измерване на електрични полета в йоносферата и контролно измервателна апаратура за тях, ЮБИЛЕЕН МЕЖДУНАРОДЕН КОНГРЕС "НАУКА ОБРАЗОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ "40 ГОДИНИ БЪЛГАРИЯ – КОСМИЧЕСКА ДЪРЖАВА", 12-14 септември 2012 г., Дом на учения – БАН, Златни пясъци, Варна, България, Том 1, стр. 131-144, ISBN 978-954-577-636-6.
- Boychev, B., Mogilevsky M., Belyaev G., Hotinov B., Boychev V., Romantsova T., AMEF-WB/ИЭСП-ЗР experiment to a measure electric fields in a wide frequency range of the Resonance Project, Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies BulTrans-2012, September 26-28, 2012, Sozopol, Bulgaria, Proceedings, pp. 96-103, ISSN 1313-955X.
- Граматииков, П. Дисертация за получаване на образователната и научна степен „Доктор”, Анализ и синтез на вторични електрозахранващи системи за бордна аерокосмическа апаратура, София, 2015 г.  
[http://www.space.bas.bg/BG/konkursi/stari/Procedura%20Gramatikov/Disertazia\\_Gramatikov.pdf](http://www.space.bas.bg/BG/konkursi/stari/Procedura%20Gramatikov/Disertazia_Gramatikov.pdf)