

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА МНОГОКАНАЛНА СПЕКТРОМЕТРИЧНА СИСТЕМА „СПЕКТЪР-256“

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, вторични електрозахранващи системи, ефективност на електрозахранващите източници,

Резюме: Представена е вторична електрозахранваща система за многоканална спектрометрична система "Спектър-256". Тя работи в спектрален диапазон 480 – 810 nm. Приборът е разработен от учени от ИКИТ-БАН за полета на втория български космонавт и е използван на борда на орбиталната станция "Мир" в научни експерименти повече от 12 години при дистанционни изследвания на спектралното отразяване на естествени земни формации и продукти от различни физични и химични процеси. Реализирано е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток на прибора. Използва се ново схемно решение за ограничаване на динамиката на тока на мощен двигател за фотоапарат. Използвани са Power MOSFET транзистори, с цел висока надеждност. Проучени са технически решения за повишаване на ефективността в различни режими в схема на Flyback конвертор.

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM FOR MULTICHANNEL SPECTROMETRIC SYSTEM „SPECTRUM -256“

Pavlin Gramatikov

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

Keywords: secondary power sources, switching power supply design, secondary power supply systems, power supply efficiency.

Abstract: Secondary power supply system for space device "Spectrum-256" was presented. Multichannel spectrometer delivers data in spectral range 480–810 nm. The instrument was developed by scientists from SRI-BAS for the flight of the second Bulgarian cosmonaut and was used on the board of Manned orbital station "Mir" in scientific experiments for more than 12 years in remote sensing of the spectral reflection of natural earth Formations and products of different physical and chemical processes. A new solution is realized in the scheme for limiting the starting current of the instrument. A new circuit design solution is used to limit the current performance of a powerful camera engine. Used are Power MOSFET transistors in order to high reliability. Technical solutions are studied to increase the efficiency in different modes in the scheme of Flyback Converter

Въведение

По програма „Шипка“ [1] в модул „Природа“, на борда на орбитална станция „Мир“ и по програмата "Георесурс" с многоканалната спектрометрична система „Спектър-256“ се осъществяват научни експерименти в областта на дистанционните изследвания на Земята, извършвани на три нива: от космическа орбита; аерофотоснимки от самолетна лаборатория и измервания от наземна лаборатория. Със „Спектър-256“ се изследват спектралните отразителни характеристики на природни и антропогенни образувания на земната повърхност във видимата и близката инфрачервена област на светлината в диапазона 450–830 nm.

Спектрометърът се закрепва към илюминаторите на ОС „Мир“. Системата работи в два режима с брой на спектралните канали 256 и 128 със спектрална разделителна способност

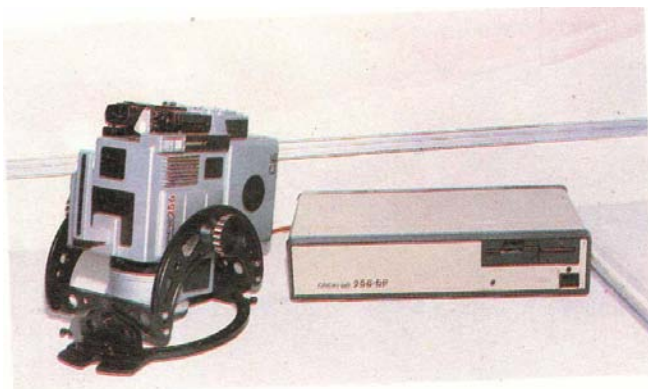
съответно 1.3 и 2.6 nm , при общ спектрален диапазон 450–830 nm [11]. Реалната пространствена разделителна способност при височина на орбитата $H = 300\text{ km}$ е $210 \times 210\text{ m}$. Блокът за регистрация е създаден на базата на 16 битова компютърна система. Приборът се използва за изучаване на природни и селскостопански обекти на земната повърхност, както и за проучване на характеристиките на земната атмосфера и влиянието им върху процеса на дистанционно изследване на обектите.

Подготовката на втория българо-съветски космически полет започва след подписване на двустранно споразумение през февруари 1986 г. През февруари 1987 г. космическият проект „Шипка” [2, 3] е утвърден като научно-техническа програма и дейност по подготовка и провеждане на втория българо-съветски космически полет, който продължава от 7 до 17 юни 1988 г. на борда на ОС „Мир”. Апаратурата по програма „Шипка” е доставена с товарен кораб „Прогрес” на орбита през май 1988 г.

ОС „Мир” е успешен космически проект от миналия век. Основният модул на ОС „Мир” е изведен в околоземна орбита на 20 февруари 1986 г. с ракета „Протон”. Впоследствие са добавени модулите: „Квант-1”; „Квант-2”; „Кристал”; „Спектър” и „Природа”. В тази конфигурация ОС „Мир” съществува до 23 март 2001 г., когато е свалена от орбита и потопена в Тихия океан. На 26 април 1996 г. завършва изграждането на ОС „Мир”. Полетът на „Союз ТМ-30” от 4 април 2000 г. е последният пилотиран полет към ОС „Мир”.

На борда на ОС „Мир” за дистанционни изследвания паралелно се използват три прибора: „КАТЭ-140”; преносима камера „Хаселблад”; „Спектър-256” и калориметър „Цвет-1А”. Спектрометрирането се извършва по праволинейни участъци, началото и края на които се заснемат с вградения в „Спектрометър-256” фотоапарат, като един фотокадър покрива земна повърхност с размер $25 \times 25\text{ km}$.

Многоканалната спектрометрична система „Спектър-256” е по-нататъшно развитие на спектрометричните системи „Спектър-15” и „Спектър15М”, работили на орбиталните станции „Салют-6” и „Салют-7”. Служи за изучаване на оптичните свойства на атмосферата и илюминаторите на ОС „Мир”, през които се извършват наблюденията, и за сравняване обективната и субективната оценка на различните цветове от космонавт-изследователя [5]. Състои се от два отделни блока: оптико-електронен и блок за регистриране на данните Фиг. 1. Първият се закрепва към илюминатора на ОС „Мир”. За Блок за регистриране на данните се използва българска микрокомпютърна система МИК-16. За формиране на оптическия спектър се използва холографска решетка. Оптическият сигнал се преобразува в електрически от диодна линейна матрица с 256 елемента, работеща в режим на натрупване на електронно сканиране. Времето за натрупване може да се променя. В блока за регистрация сигналът се запомня в осем битов двоичен код върху магнитен диск [5].



Фиг. 1. Прибор „Спектрометър-256”, оптико-електронен и блок за регистриране на данните [11]

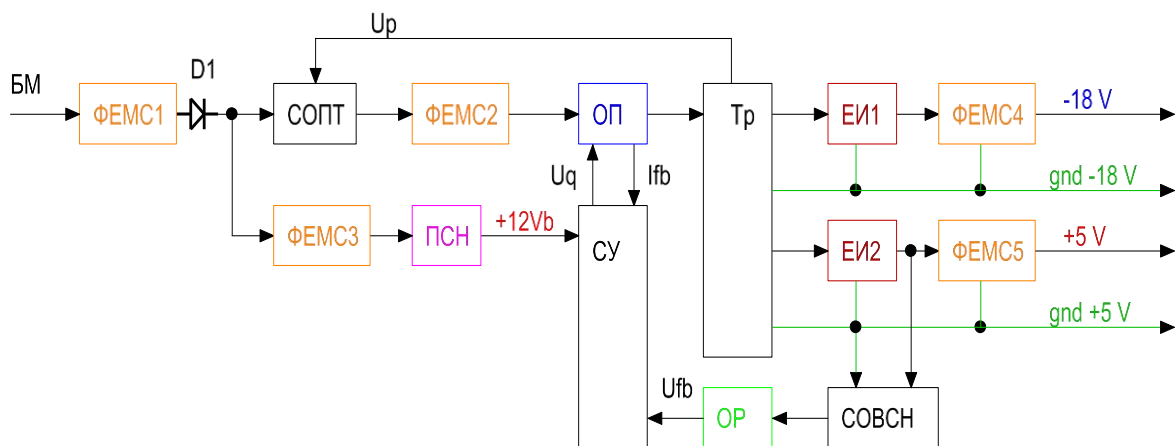


Фиг. 2. Оптико-електронен блок на „Спектър-256” [11]

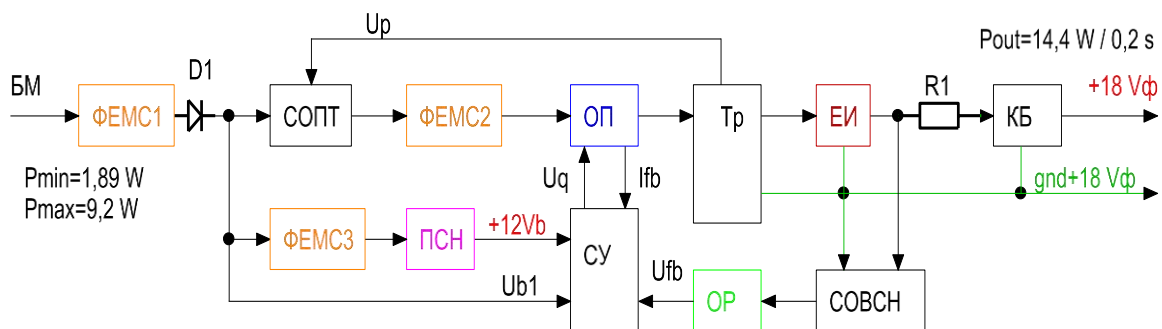
Експериментална част

В прибора за светлочувствителен елемент е избрана ПЗС матрица, която се захранва от ВЕС-ПЗС, показан на фиг. 3. Избрано е да се следи и стабилизира цифровото вторично напрежение $+5\text{ V}$, което е натоварено с по-голяма мощност от другото напрежение (-18 V). Шумовете в БМ се филтрират от ФЕМС1, ФЕМС2 и ФЕМС3, а във вторичната страна - от ФЕМС4 и ФЕМС5. От блоковете СУ, ОП, Тр, ЕИ1, ЕИ2, СОВСН и ОП е изграден преобразувател тип „Flyback”. Схемата СОПТ ограничава пусковия ток в два момента от време - при зареждане на първичните, а след това и на вторичните кондензатори [6]. Последователният стабилизатор на

напрежение ПСН захранва с +12 Vb схемата на СУ. Напрежението U_p служи за плавен старт на транзистора в СОПТ.



Фиг. 3. Функционална схема на ВЕС-ПЗС на „Спектър-256”



Фиг. 4. Функционална схема на ВЕИ-Ф на „Спектър-256”

ВЕИ-Ф захранва двигателя на фотоапарата, (Фиг. 2 - отляво, черен на цвят) за изтегляне на фотолентата от кадър към кадър, което е с продължителност 0,2 s. Напрежението на вторичната страна трябва да бъде от +16 V до +18 V, при големина на тока е от 0 до 0,8 A. Двигателят е постоянен ток, колекторен и при работата си не трябва да смущава работата на космическата апаратура. Съгласно [6] ВЕИ-Ф е нужно да обезпечи галванична развръзка между първичната и вторичната страна на захранването, като вторичните проводници трябва да са изолирани от корпус. Функционалната схема на ВЕИ-Ф е дадена на фиг. 4. Използвана е схема на обратен преобразувател, изграден от СУ, ОП, Тр и ЕИ. За филтрация са използвани ФЕМС1, ФЕМС2 и ФЕМС3, R1 и КБ [6]. Схемата СОВСН, заедно със схемата ОП образуват контура за отрицателна обратна връзка, който стабилизира напрежението +18 Vφ. Диодът D1 предпазва от обратно включване на БМ. Схемата СУ следи напрежението U_{b1} и реализира защита от ниско напрежение и отрицателна обратна връзка по входно напрежение. Реализираната с елементите R1 и КБ времеконстанта от $\tau = 290 \text{ ms}$ позволява при импулсно натоварване в изхода с големина 14,4 W за време 0,2 s от БМ да се консумира пикова мощност (в режим на разреждане на КБ) само $9,2 - 1,89 = 7,31 \text{ W}$. В израза 1,89 W е консумацията на ВЕИ-Ф в дежурен режим. Голямата времеконстанта $\tau = 290 \text{ ms}$ и продължителното зареждане на голямата КБ изискват задаване на време за плавен старт в СУ минимум 7 s. Филтърните свойства на R1 и КБ са достатъчни за подтискане на токовите пулсации на двигателя с период от няколко милисекунди.

Означения във фиг. 3 и фиг. 4:

БМ - бордна мрежа, ЕИ - еднопътен изправител, КБ - кондензаторна батерия, ОП - обратен преобразувател, ПЗС - прибор със зарядна връзка, ПСН - последователен стабилизатор на напрежение, СОПТ - схема за ограничаване на пусковия ток, СУ - схема за

управление, Тр - трансформатор, СОВСН - схема на обратна връзка за стабилизация на напрежението, ФЕМС - филтър за електромагнитна съвместимост.

Заклучение

В сравнение с ВЕС СУ ВСК и ВЕС ВЗУ ВСК от проекта ВСК „Фрегат“, където се използват само биполярни транзистори за силови ключови елементи, във ВЕИ-Ф и ВЕС-ПЗС се използват MOSFET транзистори, което подобрява КПД на ВЕИ. При използване на MOS транзистори в двете ВЕС са намалени топлинните загуби в ключовите транзистори и в схемата за управление. Научно-приложните резултати са следните:

- Синтезирана е температурно компенсирана схема на обратната връзка.
- Синтезиран е блок за ограничаване на пусковия ток на ВЕС и филтър за подтискане на пулсациите на двигател.
- Аprobацията на „Спектър-256“ е повече от 12 години на борда на ОС „Мир“ [4].

Литература:

1. Мишев, Д., Ст. Ковачев, Т. Янев, Д. Крежова. Многоканална спектрометрична система „Спектър-256“ на борда на станцията „Мир“. В: 10 години космически проект „Шипка“. С., Институт за космически изследвания, 1999, с. 104–110.
2. Гецов, П. Научно-техническа програма на втория българо-руски космически полет Проект „Шипка“-основни цели, задачи и резултати. В: 10 години космически проект „Шипка“. С., ИКИ-БАН, 1999, с. 15–22.
3. Йорданов, Д. Космическият проект „Шипка“ в цифри и работещ график. В: 10 години космически проект „Шипка“. С., ИКИ-БАН, 1999, с. 23–28.
4. Крежова, Д. Разпознаване на природни обекти по трасе от земната повърхност по спектрални отражателни характеристики и фотоизображения, 50 години Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ Годишник, том 46, свитък I, Геология и геофизика, София, 2003, с. 375–379.
<http://www.mgu.bg/sessions/03/1/dkrejova.pdf>
5. Списание Космос 8 брой, 1988.
http://haripetrov.com/chitanka/gogomir/PDF_DjVu/1988%2008.pdf
6. Дунаев, А. И. Аппаратура научная, Общие технические требования, ОТТ-87, Главкосмос, М., 1987, 92 с.
7. Крежова, Д., К. Величкова, С. Приставова. Спектрални отражателни характеристики на магмени и метаморфни скали във видимата и близката инфрачервена области, 50 години Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ Годишник, том 46, свитък I, Геология и геофизика, София, 2003, с. 381–386.
http://www.mgu.bg/annual/public_html/2003/bg/svityk1/dokladi_pdf/Krejova_bg.pdf
8. Mishev, D., S. Kovachev. 1988. Multichannel Spectrometric System “Spectrum 256” on Board of “Mir” Station. - 39th Congress IAF, India, Bangalore, IAF, 88-115, с. 1–4.
9. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova, Yu. Uzunov. 1989. Images and analysis of data obtained by Spectrum 256’ Under the Program ‘Georesource’. – 40th Congress IAF, Malaga, IAF, 89-167, с. 1–5.
10. Mishev, D. N., S. T. Kovachev, D. D. Krezhova. 1990. New Generation of Space Multichannel Spectrometric Systems. – Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 43, 1, с. 53–56.
11. http://space.bas.bg/legacy/1980_1989/1988_II-cosmonaut/1988_II-cosmonaut_Spectrum256.html
12. Крежова, Д. Д. (2002). *Изследване на природни обекти с многоканалната спектрометрична система "Спектър 256": Дис.* София: БАН. Централна лаборатория по слънчево-земни въздействия. 199 с. Автореф. 41 с.
13. Krezhova, D., T. Yanev, S., Pristavova, P. Pavlova. Discrimination of rock types and main rock-forming components in Bulgarian territories through spectral reflectance characteristics, *Advances in Space Research*, Volume 39, Issue 1, 2007, pp. 179–184.
14. Мардиросян, Г. Въведение в космонавтиката. Акад. Издат. „Проф. Марин Дринов“, София, 2012, 261 с.
15. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2006.02.044>
16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117706000792>