

## ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА КОСМИЧЕСКИ ПРИБОР „ASLAV“ - ДЕТЕКТОР НА СЛЪНЧЕВО ЛАЙМАНОВСКО АЛФА-ИЗЛЪЧВАНЕ

Павлин Граматиков, Венета Гинева

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: pgramatikov@space.bas.bg ; v\_guineva@yahoo.com*

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

**Резюме:** За удовлетворяване на техническите изисквания на европейска ракета-носител към бордни вторични електрозахранващи системи (ВЕС) на космически прибор са реализирани редица авторски решения. Приложено е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток. Използвана е нова схематехника при свързването на мощна високоволтова интегрална схема в нисковолтов режим, с цел висока надеждност. Изследвано е техническо решение за повишаване на КПД в режим на малки сигнали в схема Flyback.

## SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM OF SPACE EQUIPMENT „ASLAV“

Pavlin Gramatikov, Veneta Guineva

*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:** To meet the technical requirements of the European carrier rocket to onboard secondary power systems (SPS) space instruments the number of copyrights decisions were adopted. It is taken a new solution in the circuit to limit the inrush current. It is used a new schematic decision when connecting powerful high voltage integrated circuits in low voltage mode, with a goal of high reliability. It is studied a technical solution to increase the efficiency in the mode of small signals in the Flyback circuit.

### Въведение

Приборът „ASLAF“ от проекта „Поток на абсолютната  $L\alpha$  радиация“, е предназначен за измерване и изследване на пряката слънчева  $L\alpha$  радиация. Резонансният преход на атомарния водород (Лаймановско алфа-излъчване) е особеност на слънчевия спектър в далечната ултравиолетова област. Това излъчване се поглъща от кислорода в атмосферата и като се следи неговото отслабване може да се изчисли плътността и температурата на  $O_2$  [2]. Проектът „HotPay“ е част от проекта ALOMAR eARI, от VI-та рамкова програма на Европейския съюз за научни изследвания, технологично развитие и демонстрационни дейности, Andoya Rocket Range (ARR), Ardenes, Norway. В рамките на този проект се осъществява разработка на прибора „ASLAF“ в ИСЗЛ-БАН, Филиал Стара Загора и Групата по Атмосферна Физика на Филиала по Метеорология на Университета в Стокхолм (MISU).

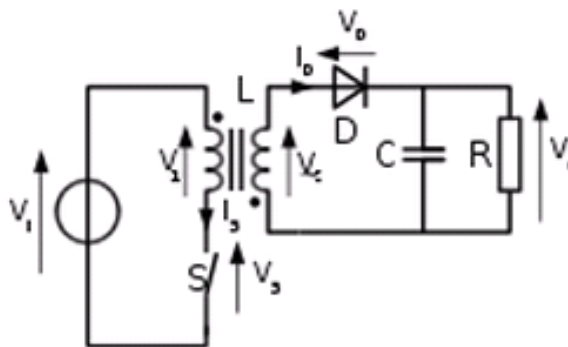
Електрозахранването на прибора „ASLAF“ се реализира от две съвместно работещи системи: първичната електрозахранваща система (ПЕС) и вторичната електрозахранваща система (ВЕС). ПЕС на ракетата съдържа акумулаторна батерия, първични импулсни

преобразуватели, силова автоматика, тоководещи кабели и конектори. При руските космически апарати ПЕС е с постоянно напрежение с диапазон на изменение от + 24 V до + 34 V. В ИКИТ-БАН за повече от 27 години е натрупан опит в реализирането на бордни космически ВЕС с приложение в следните научни области: дистанционно изследване на Земята, космическа биология, космическа физика, космическа астрономия и др. При редица научни експерименти качествата на ВЕС определят точността и грешките при измерване на параметрите на физични, физиологични, биологични, химични и други процеси при реален експеримент с космическа апаратура в космически условия.

#### А. Сравнение и приложение на основните видове ВЕИ за космически цели

##### - Обратноходов преобразувател (flyback converter, Фиг. 1).

Той е разновидност на еднотактните импулсни преобразуватели на напрежения с галванично развързване между първичните и вторичните вериги. При затваряне на ключа, към първичната намотка ( $N_p$ ), на дросела се подава напрежението от първичния източник ( $V_i$ ), и в първичната намотка се натрупва енергия. При запущване на транзистора се индуцира напрежение във вторичната намотка ( $N_s$ ), което отпушва диода във вторичната страна. Във вторичната верига започва да протича ток, който едновременно зарежда кондензатора и захранва товара. Докато транзисторът е отпушен, товарът се захранва само от кондензатора. Работната честота е от 1 kHz до 300-500 kHz. Регулирането на изходното напрежение ( $V_o$ ), обикновено се осъществява чрез коефициента на запълване ( $D$ ) на управляващите импулси на транзистора. Обратноходовите преобразуватели се прилагат за апаратури с мощност до 250 W, (телевизори, монитори, аудиотехника и видеоапаратура, периферни устройства към компютърна техника и др.). Масово се използват също и в зарядни устройства за мобилни телефони и преносими компютри.



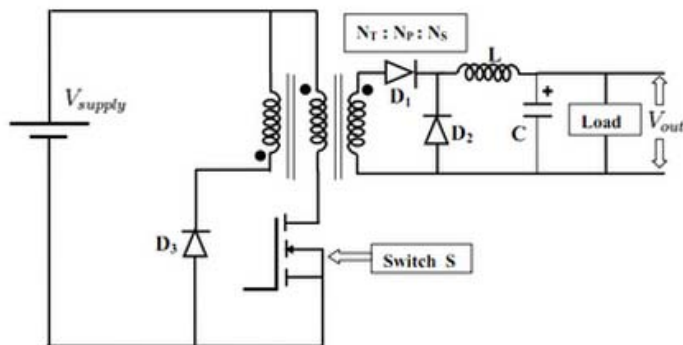
Фиг. 1. Обратноходов преобразувател

Изходното напрежение на обратноходовия преобразувател се определя от зависимостта (1):

$$(1) \quad V_o = \frac{D}{1-D} V_i \frac{N_s}{N_p}$$

Преимущества на обратноходовия преобразувател са: регулиране на изходното напрежение в широки граници; използване на малко елементи със сравнително ниска цена. Недостатъците на обратноходовия преобразувател са: мощността е ограничена от енергията, която се натрупва в дросела; по-високо ниво на електромагнитни смущения, създавани както в източника, така и в товара; по-големи размери на трансформатора, в сравнение с други импулсни преобразуватели при същата мощност.

- Еднотактен прав импулсен преобразувател (Forward converter, Фиг. 2).



Фиг. 2. Прав импулсен преобразувател

Използва се за по-големи мощности, спрямо Flyback converter, обикновено над 250 W. Изходното напрежение на Forward converter се определя от зависимостта (2):

$$(2) \quad V_o = \frac{N_s}{N_p} V_i D$$

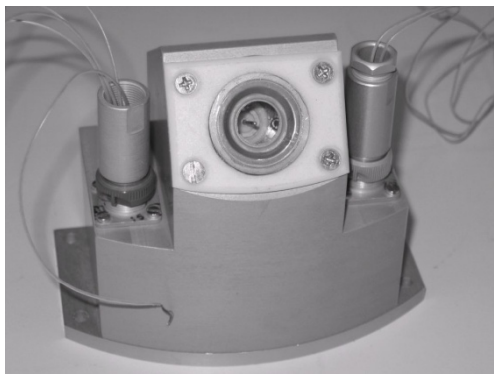
- Двухактен импулсен преобразувател (Push-pull).

Използва се за по-големи мощности, спрямо Forward converter, обикновено над 350 W.

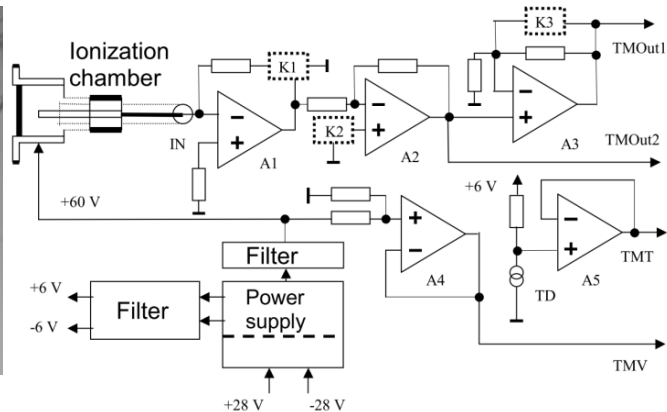
## Б. Експериментална част

Ще бъде разгледана ВЕС за прибор „ASLAF“ (Absolute Solar Lyman Alpha Flux) – детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване. Захранването за йонизационната камера трябва да има следните параметри [3]: пълна работоспособност при постоянно бордно напрежение от номинално 28 V, изменящо се от 20 V до 34 V; галванична развръзка между бордните и изходните вериги.

На Фиг. 3 е показана снимка на прибора, а на Фиг. 4 е показана функционалната схема на детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване.



Фиг. 3. Прибор „ASLAF“

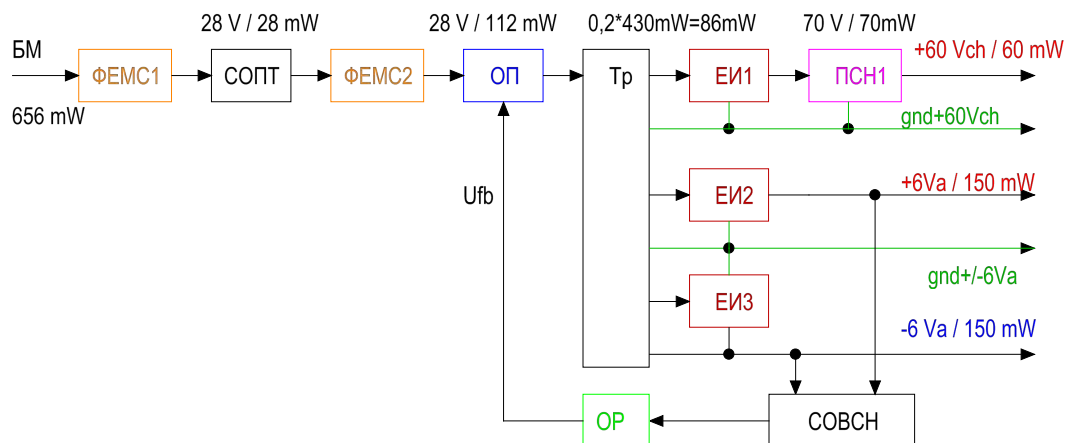


Фиг. 4. Детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване

Операционният усилвател A3 подава към телеметрията аналогово напрежение на полезния сигнал. Операционният усилвател A4 подава към телеметрията напрежение пропорционално на анодното напрежение +60 V на йонизационната камера. Аналогично A5 подава към телеметрията информация за температурата.

ВЕС-ASLAF трябва да осигури следните изходни напрежения, токове, мощности и параметри: +6 V / 25 mA (150 mW); +6 V / 25 mA (150 mW); +60 V (+1/-1 V) / 1 mA (60 mW); обща изходна мощност: 360 mW; пусков ток: до 3 A; размерите на платката на ВЕС-ASLAF да са 64x49x8 mm.

Размерите на прибора „ASLAF“ са  $105 \times 60 \times 90 \text{ mm}$ , а теглото е  $498 \text{ g}$ . По време на полета BEC-ASLAF е постоянно захранен от БМ [64]. На Фиг. 5 е показана функционалната схема на BEC-ASLAF.



Фиг. 5. Функционална схема на BEC-ASLAF

По задание към BEC-ASLAF няма външна команда за разрешаване на изходните напрежения. Схемите ФЕМС1 и ФЕМС2 служат за филтрация на вътрешни и външни за BEC - ASLAF електромагнитни шумове. Схемата за ограничаване на пусковия ток (СОПТ) ограничава пусковия ток до стойност  $0,3 \text{ A}$  в два момента от време: при зареждане на първичните кондензатори и при зареждане на вторичните кондензатори. Изградена е от един чип с функция на аналогов компаратор, един PWM контролер и мощен MOSFET транзистор. За блок ОП е избрана схема на обратноходов трансформаторен преобразувател (Flyback), който е реализиран с чип с три извода. Трансформаторът Тр е с 4 намотки и работи с променлива честота, варираща около средната  $100 \text{ KHz}$  с цел подобряване на EMC [5]. Сумата от двете напрежения на еднопътните изправители ЕИ2 и ЕИ3 се следи от схемата за обратна връзка за стабилизация на напрежението СОБСН. С цел галванична развръзка, сигналът от СОБСН се предава чрез оптрон от блок ОП. Нестабилното напрежение на изхода на ЕП1 се стабилизира и филтрира от ПЧН. За блоковете СОПТ, ОП, Тр, ЕИ1, ЕИ2, ЕИ3 и ПЧН са дадени разчетните мощности на загубите, които общо за BEC-ASLAF са  $296 \text{ mW}$ . Събрани с общата полезна мощност ( $360 \text{ mW}$ ) се получава консумация  $656 \text{ mW}$  от БМ. В табл. 1 са дадени параметри на BEC-ASLAF при пълен товар и празен ход.

Табл. 1. Параметри на BEC-ASLAF при пълен товар и празен ход

Условия	U-БМ [V]	14	17	20	24	28	30	35
$P_{out} = 438 \text{ [mW]}$	КПД [%]	0	78	75	73	68	68	65
$P_{out} = 438 \text{ [mW]}$	Рвес [mW]	0	123	150	162	207	207	244
$P_{out} = 0 \text{ [mW]}$	Рбм [mW]	112	136	156	182,4	221,2	237	273

### Заклучение

Предвижда се изстрелването на две ракети: „HotPay-1“ за изследване на средната атмосфера ( $60\text{-}110 \text{ km}$ ) и „HotPay-2“ за изследване на йоносферата до  $300 \text{ km}$ . През юли 2006 г. е изстреляна ракетата „HotPay-1“, която след  $7\text{-}8 \text{ s}$  полет се разпада и след  $80 \text{ s}$  пада в океана.

Научно-приложните резултати по отношение на BEC-ASLAF са следните:

- Приложено е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток.
- Използвана е нова схемотехника при свързването на мощна високоволтова интегрална схема в нисковолтов режим, с цел висока надеждност на BEC. Изследвано е техническо решение за повишаване на КПД в режим на малки сигнали в схема Flyback.

## Литература:

1. Ташев, В. , В. Гинева, А. Манев , Г. Уит , Й. Гумбел, М. Капланов , Б. Киров, Л. Банков, Ст. Спасов, Захранващо устройство на датчик за измерване на слънчева Лайман-алфа ( $L\alpha$ ) радиация, International Science conference 4th - 5th June 2009, Stara Zagora, BULGARIA, "Economics and Society development on the Base of Knowledge", Volume IV 35 Natural & Mathematical science, p34-p43.
2. Guineva, V., G.Witt, J.Gumbel, M.Khaplanov, R.Werner, J.Hedin, S.Neichev, B.Kirov, L.Bankov, P.Gramatikov, V.Tashev, K.Hauglund, G.Hansen, J.Ilstad, H.Wold, ASLAF: Detector of the direct solar Lyman-alpha radiation. Future alternatives, Workshop „Solar influences on the ionosphere and magnetosphere", Sozopol, Bulgaria, 7-13 June, 2009.
3. Guineva, V., G. Witt, J. Gumbel, M. Khaplanov, R. Werner, J. Hedin, S. Neichev, B. Kirov, L. Bankov, P. Gramatikov, V. Tashev, M. Popov, K. Hauglund, G. Hansen, J. Ilstad, H. Wold. Lyman-alpha Detector Designed for Rocket Measurements of the Direct Solar Radiation at 121.5 nm, Bulgarian Journal of Physics, V.34, iss.1, pp.116-127 (2007).  
[http://www.bjp-bg.com/papers/bjp2007\\_2\\_116-127.pdf](http://www.bjp-bg.com/papers/bjp2007_2_116-127.pdf)
4. Guineva, V., Witt G., Gumbel J., Khaplanov M., Werner R., Hedin J., Neichev S., Kirov B., Bankov L., Gramatikov P., Tashev V., Popov M., Hauglund K., Hansen G., Ilstad J., Wold H., Detector for Rocket Measurements of the Direct Solar Lyman-Alpha Radiation, Third Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", C., Space Research Institute, 27-29 June, 2007, Varna, Bulgaria, p114-p119, Book of abstracts, p.58, ISSN 1313-3888.  
[http://www.space.bas.bg/SENS-2007/2\\_3.pdf](http://www.space.bas.bg/SENS-2007/2_3.pdf)
5. Граматиков, П. А., Р. Г. Шкевов, Оптимизация на електромагнитното излъчване на цифрови модули с космическо предназначение, SENS'2006 Second Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", Space Research Institute, 27 – 29 June 2007, Varna, Bulgaria.
6. Граматиков, 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)