

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ

Павлин Граматиков

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

Ключови думи: Вторични източници за хранване, проектиране на вторични системи за хранване, 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 безпилотен летателен апарат, самолетен тип с тегло до 70 kg и бензинов двигател за задвижване на витлото.

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM FOR UNMANNED AIRCRAFT

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: A power supply system is presented and its circuit and structural solutions are tested and realized in the secondary power supply system of an unmanned aircraft.

Въведение

В бордната служебна и научна апаратура на един безпилотен летателен апарат (БЛА) задължителен функционален елемент се явяват вторичните електрозахранващи източници (ВЕИ) и вторичните електрозахранващи системи (ВЕС). Настоящото изложение обхваща проектната дейност, реализацията и изследванията на ВЕС за БЛА-60. Ориентировъчните параметри за проектиране на разглеждания по-долу вариант за БЛА-60 са: стартова маса до 70 kg; планер и двигател до 19 kg; гориво до 25 l; система за електрозахранване до 2,5 kg; полезно натоварване до 15 kg; система за управление до 8 kg.



Фиг. 1. Бордна система за навигация и управление на БЛА-60



Фиг. 2. ВЕС на „БЛА-60“

Съставът на БЛА-60 е даден на фиг. 1. Двигателят е на БЛА-60 е двутактов, бензинов, с електронно запалване, с обем 106 cm^3 , мощност 8 kW и ресурс 3000 h . Бордният комплекс за навигация, управление и видеонаблюдение включва: инерциална навигационна система, приемник за спътникова навигационна система GPS, автопилот с 1000 програмируеми точки, датчик по азимут и вертикала, оперативно изменение на програмата на маршрута по време на полет, запис на 40 параметъра на полета и съхраняване на достатъчен обем от данни за следполетна диагностика, анализ и обучение. При загуба на GPS бордният комплекс преминава от автоматично към автономно инерциално изчисляване на координатите, чрез използване на магнитен компас и други датчици. Това осигурява продължаване на изпълнението на задачата, автономно завръщане и кацане. Височината на БЛА-60 е 550 mm , площта на крилото е $2,35 \text{ m}^2$, общата носеща площ на самолета е $3,8 \text{ m}^2$. Специален режим на камерите осигурява прибиране (заклучване) на камерите преди кацане. Полетната и видеоинформацията на БЛА-60 се съхранява в цифров вид на борда и в наземната станция. Предвиден е обмен на цифрови данни през сателитна комуникация. При захващане на обект (стационарен или мобилен) с камерите може да се използва режим на полета, в който БЛА-60 се управлява чрез камерата така, че наблюдаваният обект да остане в нейното полезрение. Сензорите за оценка на състоянието на атмосферата осигуряват измерване на концентрацията на общо 11 вида газове (серен оксид, натриев оксид, хлор и др.), както и на радиацията. Горивото, което е използвано на БЛА-60 е бензин А-98. При добри метеорологични условия, полетът има продължителност до 23 h , но при вятър или силен дъжд, тя е до 18 h . Самолетът се движи на автопилот или комбинирано - с намеса на оператор. Необходимото оборудване и корпусите на два самолета се побират в микробус, който е и мобилна базова станция.

Експериментална част

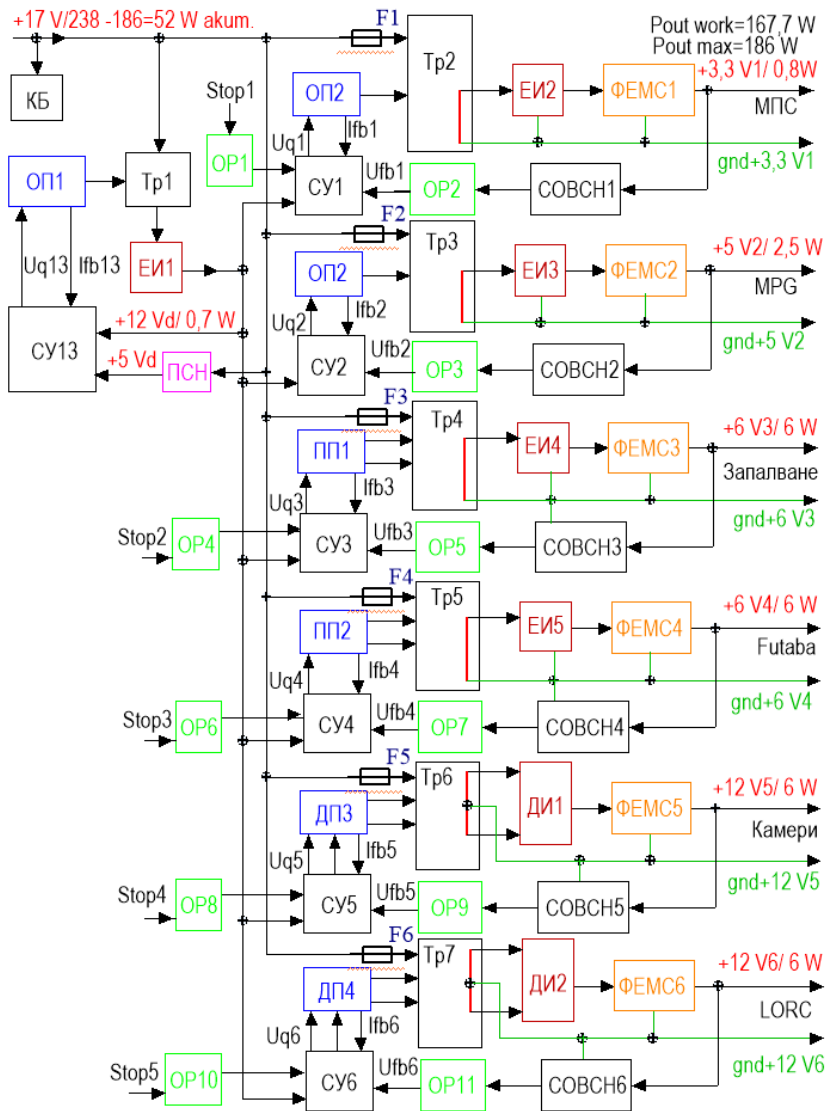
Първичната електрозахранваща система [1] на БЛА-60 стабилизира зарядния ток на и зарядната напрежение на акумулаторната батерия при диапазон на изменение на напрежението на четири литиево-полимерни клетки от $10,8 \text{ V}$ до $17,4 \text{ V}$, когато входното трифазно нестабилно напрежение от електрогенератора се изменя от 15 Vac до 100 Vac , т.е. при изменение на оборотите на двигателя от празен ход до пълен форсаж от 1200 до 7500 RPM .

Вторичната електрозахранваща система на БЛА-60 (ВЕС БЛА-60) е предназначена да осигури бордно вторично електрозахранване на всички потребители на БЛА-60. Тя стабилизира и галванично развързва 13 напрежения при изменение на бордното напрежение $+V_b$ в границите $10,8\text{--}17,4 \text{ V}$. Решено е всеки ВЕИ да се разрешава чрез оптрони с цел предполетен анализ или икономия на електроенергия в полетен режим (нормален и аварийен). В таблицата са дадени вторичните напрежения и пиковите консумации на всички потребители: МПС - микропроцесорна система; МРР - автопилот; З - електронно запалване за двигателя; F – радиоприемник „Futaba“; Кам. - две телевизионни камери; Lorc - инерциална система; БК - бордов компютър; S.L - серво машинки от ляв борд; S.R - серво машинки от десен борд; SATR - сателитен радиотракт; Long - радиотракт за далечна видеовръзка; Tr – транспондер, BL- бордна лампа. За научна апаратура се считат Кам. и SATR, а всички останали - бордна служебна апаратура, обезпечаваща управлението на полета. Конструктивно ВЕС БЛА-60 е изградена от: една платка за дежурен режим, наречена ВЕС-1W-3W-6W, до пет платки ВЕС-6W-30W; дънна платка и кутия от композитни материали. Платката за дежурен режим обезпечава напреженията: $+9 \text{ V} / 1 \text{ W}$ за захранване за всички управления на петте силови платки ВЕС-6W-30W; $+5 \text{ V} / 3 \text{ W}$ за захранване на МРР и $+6 \text{ V} / 6 \text{ W}$ за захранване на радиоприемника на ръчното управление. Според нужната конфигурация може да се свържат до пет платки ВЕС-6W-30W, захранващи съответната БАА. Общата максимална пикова изходна мощност на ВЕС-АБ, съгласно таблицата е $287,9 \text{ W}$, като средната (топлинна) мощност е около 140 W . Синтезираната структура дава гъвкавост в теглото на ВЕС, при промяна на броя и мощностите на потребителите. Постигнато е съотношение $5,14 \text{ cm}^3/\text{W}$. Параметрите на блока за електронно запалване са:

- Работно напрежение: $6 \text{ V} \text{--} 7,4 \text{ V}$
- Консумация на празен ход: $0,1 \text{ W}$;
- Консумация при съответните обороти: $0,15 \text{ W}$ при 0 RPM ; $0,78 \text{ W}$ при 1000 RPM ; 6 W при 6000 RPM ; $7,8 \text{ W}$ при 10000 RPM .

Табл.1. Вторични напрежения и мощности на потребителите на БЛА-60

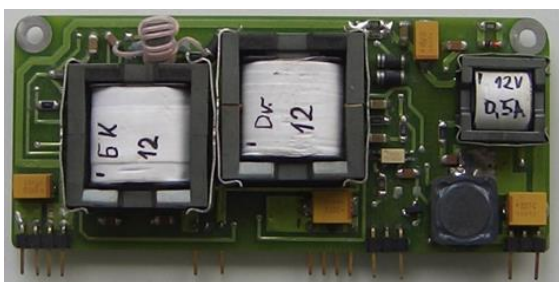
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-----------------|------|-----|----|----|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| У-во | МПС | МРР | З. | F. | Кам. | Lorc | БК | S.L | S.R | SATR | Long | Tr. | BL |
| $U \text{ [V]}$ | +3,3 | +5 | +6 | +6 | +12 | +12 | +12 | +6 | +6 | +12 | +12 | +12 | +12 |
| $P \text{ [W]}$ | 0,8 | 2,5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 14,4 | 30 | 30 | 30 | 30 | 6 | 1 |



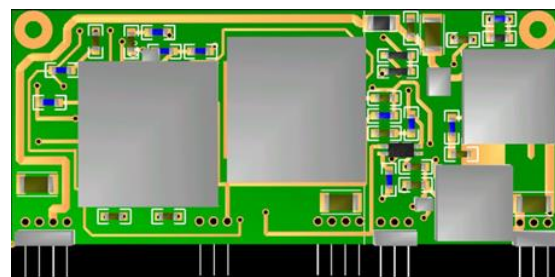
Фиг. 3. Първа половина от ВЕС БЛА-60



Фиг. 4. ВЕС-1W-3W-6W на БЛА-60



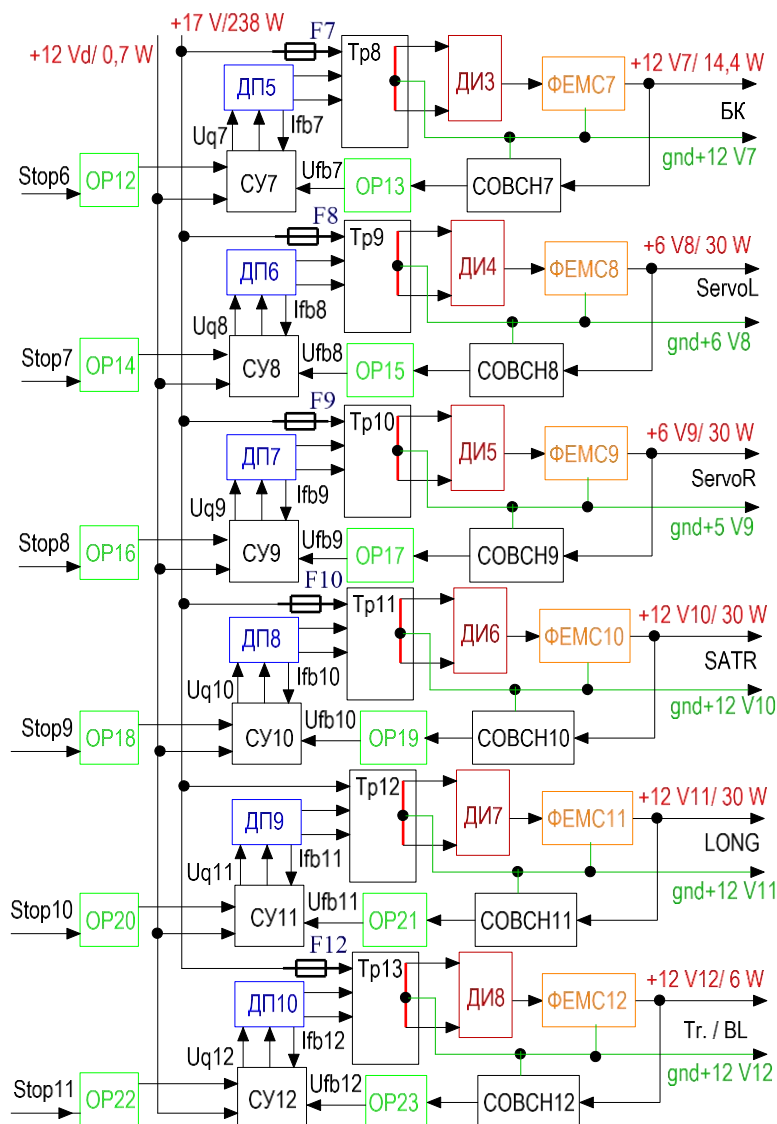
Фиг. 5. ВЕС-6W-30W от ВЕС БЛА-60



Фиг. 6. 3-D модел на ВЕС-6W-30W

На Фиг. 3 и Фиг. 7 е дадена функционалната схема на ВЕС БЛА-60, състоящ се (Фиг. 2) от дънна платка и шест модула: един брой дежурен модул ВЕС-1W-3W-6W и пет силови модула ВЕС-6W-30 W от ВЕС БЛА-60. Модул 1 това е ВЕС-1W-3W-6W (Фиг. 2 - отляво), изграден с три обратни преобразувателя: 1 W (изграден от ЕИ1, ОП1, ПСН, СУ13 и Тр1) за дежурно напрежение +12 Vd, захранващо СУ1-СУ12; 3 W (СУ2, Тр3 и др.) захранващ MPG; 6 W (СУ4, Тр5 и др.) за радиоприемник FUTABA. Модул 2 (ВЕС1-6W-30W) съдържа два преобразувателя: 6 W (СУ1, Тр2 и др.) за МПС; 30 W, (СУ8, Тр9 и др.) за сервомашинки от ляв борд. Модул 3 (ВЕС2-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ3, Тр4 и др.) за блок „Запалване“ на двигателя; 30 W (СУ9, Тр10 и

др.) за сервомашинки от десен борд. Модул 4 (BEC3-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ5, Тр6 и др.) за две телевизионни камери; 30 W (СУ10, Тр11 и др.) за SATR. Модул 5 (BEC4-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ6, Тр7 и др.) за Lorc; 30 W (СУ7, Тр8 и др.) за БК. Модул 6 (BEC5-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ6, Тр7 и др.) за Lorc; 30 W (СУ7, Тр8 и др.) за Тр. и BL.



Фиг. 7. Втора половина от BEC БЛА-60

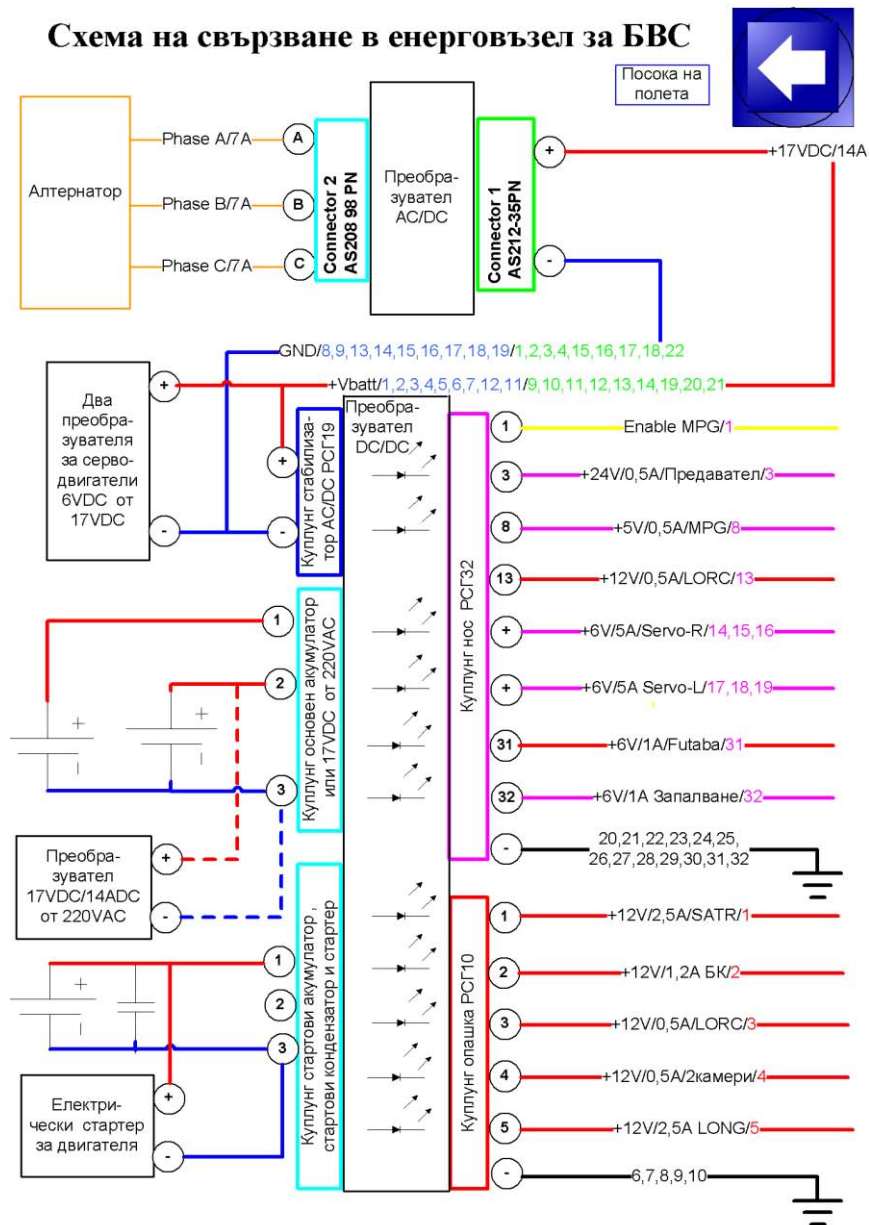
Списък на означенията: ДИ - двутактен изправител; ДП - двутактен преобразувател; КБ - кондензаторна батерия; ОП - обратен преобразувател; ОР - оптронна развръзка; ПСН - последователен стабилизатор на напрежение; СОВСН - схема на обратна връзка за стабилизация на напрежението; СУ - схема за управление; Тр – трансформатор; ФЕМС - филтър за електромагнитна съвместимост.

На Фиг. 8 е дадена схема на свързване на първично и вторично захранване на „БЛА-60“ с бордните устройства: алтернатор, серво машинки, акумулатор, стартови кондензатор, стартер на двигателя.

Заклучение

Синтезирана е BEC на модулен принцип с гъвкава структура и тегло според използваното за конкретен полет бордно оборудване. Разработеното схемно и конструктивно решение е изпитвано и проверено в условията на производство и полет на българския БЛА-60. Изготвени са два летателни екземпляра (ЛК-1 и ЛК-2) на BEC за БЛА-60, които са проверени в различни конфигурации на бордното оборудване.

Схема на свързване в енерговъзел за БВС



Фиг. 8. Схема на първично и вторично захранване на „БЛА-60“

Литература:

1. Граматиков, П., Б. Бойчев Първични електрозахранващи източници за безпилотен летателен апарат, Международна научна конференция по "Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии", Транспортен факултет, БулТранс 2014, гр.Созопол, 17–19 септември 2014 г.
2. Граматиков, П., К. Калагирева, Вторичен източник за захранване на жирокоп за безпилотни летателни апарати, Международна научна конференция по „Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии“, Транспортен факултет, БулТранс 2014, Созопол, 17–19 септември, 2014 г.
3. Граматиков, П., П. Гецов, Б. Бойчев, Г. Сотиров. Вторични електрозахранващи източници и системи на безпилотни летателни апарати, Университетска научна конференция, Национален военен университет „Васил Левски“ - гр. Велико Търново, 3–4 юли 2014 г.
4. Gramatikov, P. Electric motorgenerators for UAF Aerospace Research in Bulgaria, № 29, 2017, ISSN: 1313-0927, pp. 120–132.
5. Getsov, P., Wang Bo, D. Zafirov, G. Sotirov, St. Nachev, R. Yanev, P. Gramatikov, V. Atanassov, H. Lukarski, S. Zabunov. AN UNMANNED AERIAL SURVEILLANCE SYSTEM IN URBAN ENVIRONMENTS, Aerospace Research in Bulgaria, № 29, 2017, ISSN: 1313-0927, pp. 94–110.
6. Граматиков, П., П. Гецов. Електронно управление на мотор-генератори за безпилотни летателни апарати. 6 International scientific and technical conference, "Engineering, technologies, education, security", 2018, Veliko Tarnovo, pp. 122–125.