

Капацитивно-диоден преобразувател на напрежение

Ангел Генчев

Институт за космически изследвания, БАН

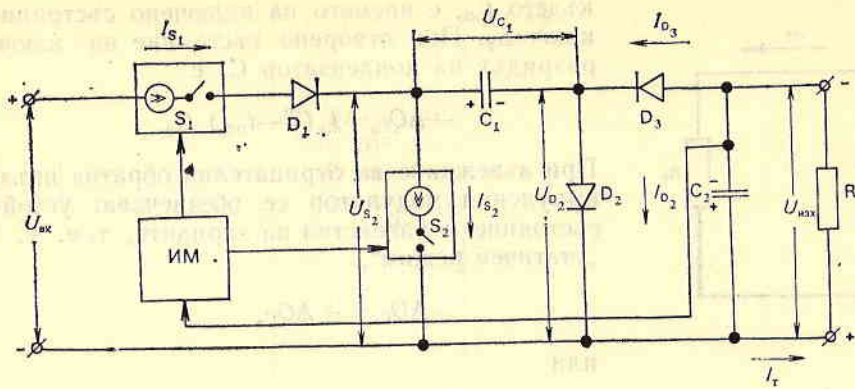
Електрозахранването на съвременната космическа радиоелектронна апаратура често изисква наличие на няколко захранващи напрежения с положителна и отрицателна полярност. Обикновено съществуват един или два основни изхода като например -1.5 V за цифровата електроника и $+12\text{ V}$ за изпълнителни механизми, които носят основната електрическа мощност. Наред с тях са необходими други изходни напрежения с по-малка мощност, като -5 V и -12 V при персоналните компютри от типа „Правец 8“, „Правец 16“ и др. Тези допълнителни изходни напрежения се получават чрез отделни намотки, изправители, филтри и стабилизатори при съществуващата техника от линеен и импулсен тип [1, 2]. Това е свързано с усложняване на токозахранващите източници, с утежнен дизайн и влошена надеждност.

Приемливо разрешение на този проблем е използването на капацитивно-диодни преобразуватели на напрежение за получаване на неосновните положителни и отрицателни изходни напрежения. Общата схема на капацитивно-диоден преобразувател е показана на фиг. 1, където $U_{вх}$ е входното напрежение, обикновено напрежението на някой основен изход на токозахранващото устройство; $U_{изх}$ — стабилизираното изходно напрежение; S_1 и S_2 са електронни ключове, представляващи токови генератори във включено състояние; I_{S_1} и I_{S_2} са съответните токове през електронните ключове; I_{D_2} и I_{D_3} — токовете през диоди D_2 и D_3 ; U_{C_1} е приложеното напрежение върху кондензатор C_1 ; U_{S_2} — приложеното напрежение върху електронен ключ S_2 , когато той е изключен; R_T е товарен резистор.

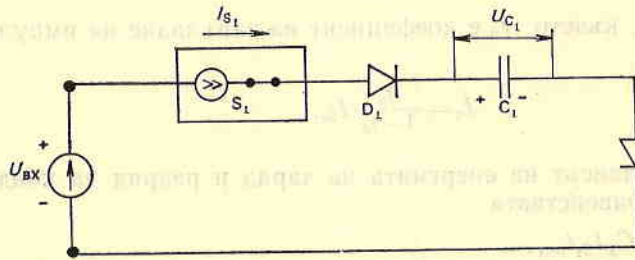
Импулсният модулатор ИМ₁ представлява контролер от тип SG1524, MC3420 и т. н., който обединява функциите на изработване и управление на широчинно-модулирани импулси в съответствие със зададената стойност на изходното напрежение.

Съществуват три времеви състояния на работа на схемата от фиг. 1:

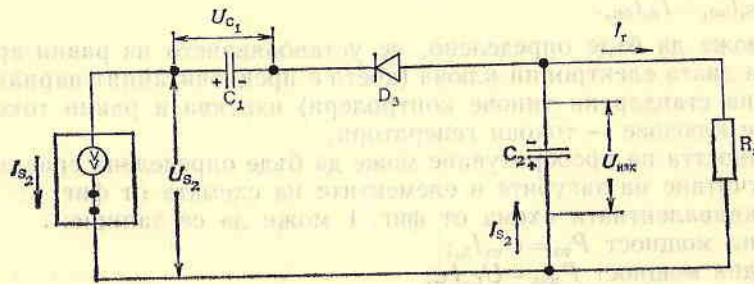
1. Токов контур при включен електронен ключ S_1 , фиг. 2. През този времеви интервал се обезпечават заряд на изходен кондензатор C_1 с номинален ток I_{S_1} .



Фиг. 1



Фиг. 2



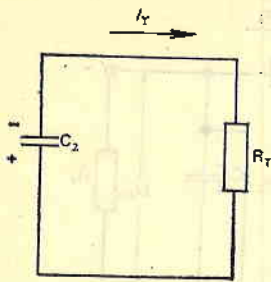
Фиг. 3

2. Токов контур при включен електронен ключ S_2 , фиг. 3. През този времеви интервал се извършва зареждане на изходен кондензатор C_2 с разликата между постоянния ток I_{S_2} и изходния ток I_r от източника на напрежение, представляван от кондензатор C_1 .

3. Еквивалентна схема при изключени комутатори S_1 и S_2 , фиг. 4. Вижда се, че работата на схемата се изразява в разряд на изходен кондензатор с товарния изходен ток.

Когато ключ S_2 е затворен, изменението на заряда на кондензатора C_2 е

$$+\Delta Q_{C_2} = C_2 \Delta U = I_{S_2} t_{\text{он}2} C_2,$$



Фиг. 4

където $t_{он2}$ е времето на включено състояние на ключ S_2 . При отворено състояние на ключа S_2 разрядът на кондензатор C_2 е

$$-\Delta Q_{C_2} = I_r (T - t_{он2}) C_2.$$

При въвеждане на отрицателна обратна връзка в импулсния модулатор се обезпечават устойчиво състояние и равенство на зарядите, т. е. т. нар. „статичен режим“,

$$-\Delta Q_{C_2} = +\Delta Q_{C_2}$$

или

$$I_r = -\frac{t_{он2}}{T - t_{он2}} I_{S_2}$$

и понеже $t_{он2} = \gamma_2 T$, където γ_2 е коефициент на запълване на импулсите на ключ S_2 , то

$$I_r = -\frac{\gamma_2}{1 - \gamma_2} I_{S_2}$$

Аналогично балансът на енергията на заряд и разряд на кондензатор C_1 се изразява с равенствата

$$+\Delta Q_{C_1} = C_1 I_{S_1} t_{он1},$$

$$-\Delta Q_{C_1} = C_1 I_{S_2} t_{он2}.$$

След приравняване се получава

$$I_{S_1} t_{он1} = I_{S_2} t_{он2}.$$

Лесно може да бъде определено, че установяването на равни времена $t_{он1}$ и $t_{он2}$ за двата електронни ключа (което е предпочитаният вариант при използване на стандартни типове контролери) изисква и равни токове на електронните ключове — токови генератори.

Ефективността на преобразуване може да бъде определена сравнително лесно без отчитане на загубите в елементите на схемата от фиг. 1:

1. За еквивалентната схема от фиг. 1 може да се запише:

$$- \text{входна мощност } P_{вх} = U_{вх} I_{S_1};$$

$$- \text{изходна мощност } P_{изх} = U_{C_1} I_{S_1};$$

$$- \text{ефективност } \eta_1 = P_{изх} / P_{вх} = U_{C_1} / U_{вх}.$$

2. За еквивалентната схема от фиг. 2 ефективността е:

$$- \text{входна мощност } P_{вх} = U_{C_1} I_{S_2};$$

$$- \text{изходна мощност } P_{изх} = U_{изх} I_{S_2};$$

$$- \text{ефективност } \eta_2 = U_{изх} / U_{C_1}.$$

3. За еквивалентна схема от фиг. 3 от равенството на зарядите следва:

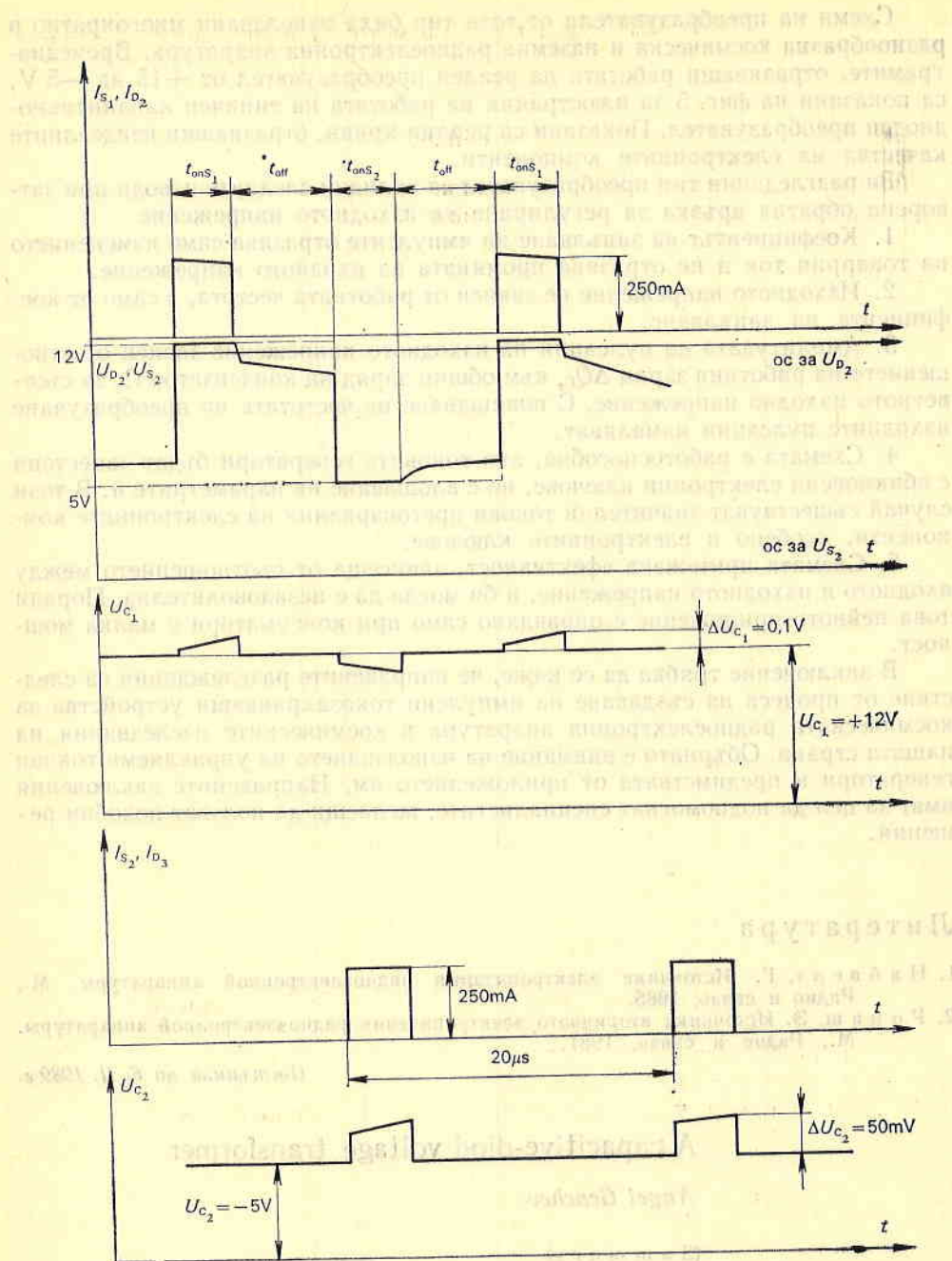
$$I_{S_2} \gamma T = I_r (1 - \gamma) T$$

и понеже

$$I_r = \gamma I_{S_2} / (1 - \gamma),$$

то

$$\eta_3 = 1.$$



Фиг 5

Тогава общата ефективност се изразява като

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 = U_{изх} / U_{вх}$$

Схеми на преобразуватели от този тип бяха използвани многократно в разнообразна космическа и наземна радиоелектронна апаратура. Времедиантите, отразяващи работата на реален преобразувател от $+15$ на -5 V, са показани на фиг. 5 за илюстрация на работата на типичен кондензивно-диоден преобразувател. Показани са реални криви, отразяващи неидеалните качества на електронните компоненти.

За разгледания тип преобразувател са валидни следните изводи при затворена обратна връзка за регулиране на изходното напрежение:

1. Коефициентът на запълване на импулсите отразява само изменението на товарния ток и не отразява промяната на входното напрежение.

2. Изходното напрежение не зависи от работната честота, а само от коефициента на запълване.

3. Амплитудата на пулсации на изходното напрежение зависи от отношението на работния заряд ΔQ_{C_2} към общия заряд на кондензатор C_2 за съответното изходно напрежение. С повишаване на честотата на преобразуване изходните пулсации намаляват.

4. Схемата е работоспособна, ако токовете генератори бъдат заместени с обикновени електронни ключове, но с влочаване на параметрите ѝ. В този случай съществуват значителни токови претоварвания на електронните компоненти, особено в електронните ключове.

5. Схемата притежава ефективност, зависеща от съотношението между входното и изходното напрежение, и би могла да е незадоволителна. Поради това нейното приложение е оправдано само при консуматори с малка мощност.

В заключение трябва да се каже, че направените разглеждания са следствие от процеса на създаване на импулсни токозахранващи устройства за космическата радиоелектронна апаратура в космическите изследвания на нашата страна. Обърнато е внимание на използването на управляеми токови генератори и предимствата от приложението им. Направените заключения имат за цел да подпомогнат специалистите, желасци да ползват подобни решения.

Литература

1. Найвелт, Г. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. М., Радио и связь, 1985.
2. Ромаш, Э. Источники вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры. М., Радио и связь, 1981.

Постъпила на 6. II. 1989 г.

A capacitive-diod voltage transformer

Angel Genchev

(S u m m a r y)

In the paper, a method for obtaining additional outputs for the electric supply of space radioelectronic equipment by the use of capacitive-diod voltage transformers has been discussed. For the purpose, the implementation of current generators as electronic switches in the transformer has been suggested and the basic ratios for its design have been derived. The advantages and disadvantages of this type of transformers have been discussed and recommendations for their application have been made.