

МОДЕЛИРАНЕ НА ПОВИШАВАЩ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ФОТОВОЛТАИЧНА СИСТЕМА

Петър Иванов

lz1pgi@gmail.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев” 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** фотоволтаична система, DC-DC преобразувател, симулационен модел в Matlab/Simulink.*

***Резюме:** Възобновяемите енергийни източници (ВЕИ) са най-доброто решение на проблемите, свързани със сигурност на енергийните доставки, опазване на околната среда и икономическото развитие. Съществен дял сред тях заемат фотоволтаичните (Photovoltaics, PV) системи.*

Фотоволтаичните панели преобразуват слънчевата енергия в постоянно (DC) напрежение. В случай, че изходното напрежение на PV-системата не отговаря на изискванията на консуматора, се използват DC-DC преобразуватели, които преобразуват по големина постоянното напрежение.

В настоящата работа е разработен математичен и симулационен модел на повишаващ DC-DC преобразувател с приложение в PV система. По предложената методика са определени параметрите на елементите от схемата му. Преобразувателят е моделиран в среда на Matlab/Simulink. Получени са симулации на изходното напрежение и на тока на IGBT транзистора, използван в качеството на ключов елемент.

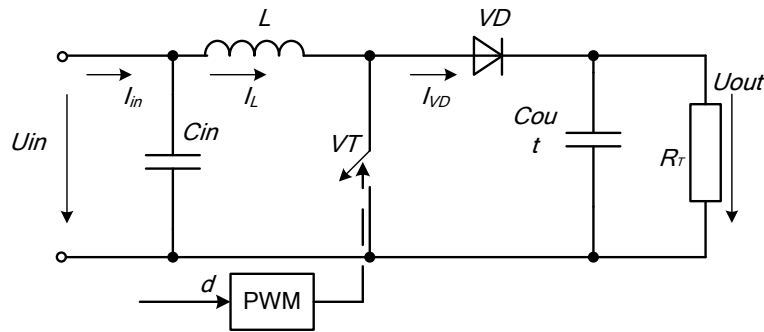
1. Въведение

Често срещано решение при постояннотоков товар в PV системите [1,2] е свързване на DC-DC преобразувател на изхода на фотоволтаика, който да преобразува по големина постоянното напрежение. В зависимост от използвания товар понякога се налага изходното напрежение на фотоволтаика да се повиши. Тогава се използва повишаващ (Boost) преобразувател.

В настоящата работа е разработен математичен и симулационен модел на повишаващ DC-DC преобразувател с приложение в PV система. Той е моделиран в среда на Matlab/Simulink. Получени са симулации на изходното напрежение на преобразувателя и на тока през диода. Получените графики са сравнени с теоретичните и са анализирани. Предложеният модел е част от изследванията, свързани с разработвания лабораторен стенд по научноизследователски проект на тема: „Изследване на приложения на преобразуватели на напрежение в системи с ВЕИ”.

2. Оразмеряване на повишаващ преобразувател за PV система.

Принципната схема на повишаващия DC-DC преобразувател е дадена на фиг.1.



Фиг. 1. Повишаващ преобразувател

В качеството на силов ключ VT най-често се използва IGBT транзистор, управляван от генератор с широчинно-импулсна модулация (PWM). Честотата на комутация на генератора f_{PWM} се формира въз основа на коефициента на запълване d , определен от отношението на времето на отворено състояние на транзистора t_{on} към периода $T=1/f_{PWM}$ на широчинно модулираните импулси:

$$(1) \quad d = \frac{t_{on}}{T}.$$

Отношението на изходното към входното напрежение на повишаващия преобразувател е:

$$(2) \quad \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{1}{1-d}.$$

Когато транзисторният ключ VT е отворен, върху бобината се подава входното напрежение и токът през нея се увеличава съгласно зависимостта:

$$(3) \quad \Delta I_L = \frac{U_{in}}{L} t_{on}.$$

През това време диодът VD е запущен и товарът R_T се захранва от енергия, запасена в изходния кондензатор C_{out} .

След запущване на транзистора, се отваря VD и товарът получава захранване от входното напрежение и запасената в индуктивността енергия:

$$(4) \quad \Delta I_L = \frac{U_{out} - U_{in}}{L} t_{off}.$$

Графичните зависимости на разгледаните величини са показани на фиг.2.

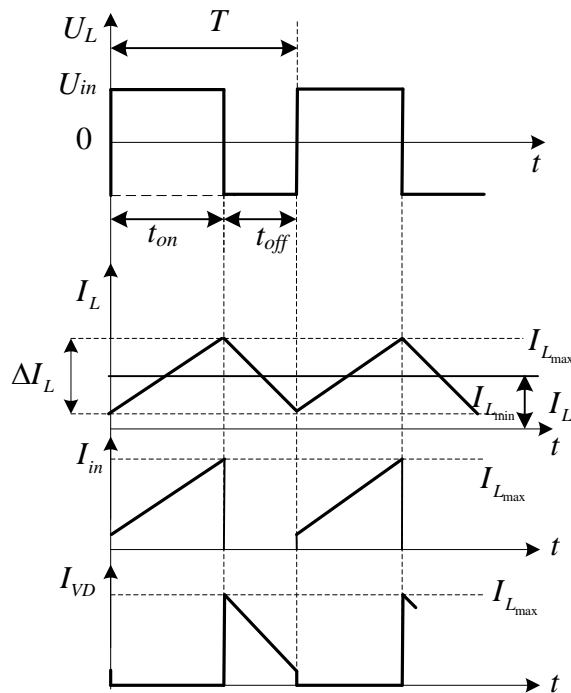
При оразмеряване на DC-DC преобразувател за PV система трябва да се определи работния диапазон на изменение на входното напрежение U_{in} . Освен това, с цел осигуряване на режим на максимална мощност на PV системата, входното съпротивление на преобразувателя R_{in} трябва да е равно на изходното съпротивление на PV модула в работната точка с максимална мощност (maximum power point – MPP) – R_{MPP} [3]. То се определя като:

$$(5) \quad R_{MPP} = \frac{U_{MPP}}{I_{MPP}},$$

където:

$$(6) \quad U_{MPP} = n_{PVs} \left[V_{MPP_{STC}} + k_V (T - T_{STC}) \right] - (I_{MPP_{STC}} - I_{MPP}) R_{PV} \frac{n_{PVs}}{n_{PVp}},$$

$$(7) \quad I_{MPP} = \left[I_{MPP_{STC}} + k_I (T - T_{STC}) \right] \frac{G}{G_{STC}} n_{PVp}.$$



Фиг. 2. Графична интерпретация на основните зависимости

Участващите в (6) и (7) величини са съответно:

k_I , $A/^\circ C$ - температурен коефициент на тока на късо съединение;

k_V , $V/^\circ C$ - температурен коефициент на напрежението;

R_{PV} - съпротивление на един PV модул;

G_{STC} - интензитет на слънчево греене при стандартни тестови условия [4];

T_{STC} - температура при стандартни тестови условия [4];

G , T - стойности на интензитет на слънчево греене и температура при работни условия;

n_{PVs} - брой последователно свързани PV модули;

n_{PVp} - брой паралелно свързани PV модули.

Като се има предвид, че изходното напрежение на повишаващия преобразувател е по-голямо от входното, следва, че:

$$(8) \quad U_{out} > U_{MPP_{max}}.$$

От друга страна, съгласно (2), следва, че

$$(9) \quad U_{out_{min}} = \frac{U_{MPP_{min}}}{1-d}.$$

Изходното съпротивление на преобразувателя може да се определи от равенството на входната и изходната му мощност:

$$(10) \quad \frac{U_{out}^2}{R_{out}} = \frac{U_{MPP}^2}{R_{MPP}} = \frac{U_{MPP}^2}{(1-d)^2 R_{out}}, \text{ или}$$

$$R_{out} = \frac{R_{MPP}}{(1-d)^2}.$$

От (10) следва, че максималната стойност на коефициента на запълване се определя като:

$$(11) \quad d_{\max} = 1 - \sqrt{\frac{R_{MPP}}{R_{out}}}$$

С цел осигуряване на непрекъснат ток през бобината, нейната индуктивност се определя от зависимостта [3]:

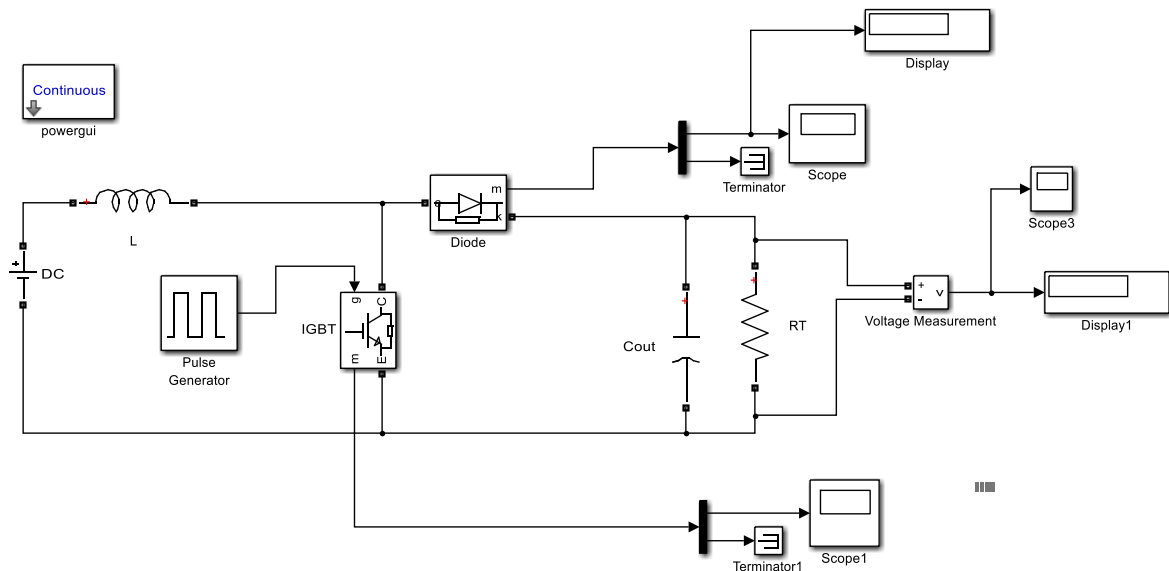
$$(12) \quad L = \frac{U_{MPP} d_{\max}}{\Delta I_L f_{PWM}}$$

Големината на капацитета C_{out} се определя предвид минимизиране на пулсациите на изходното напрежение U_{out} , съобразно зависимостта [3]:

$$(13) \quad C_{out} = \frac{d}{R_{out} k_{\Delta V} f_{PWM}}$$

3. Симуляционен модел и резултати от симулацията.

Симуляционният модел на повишаващ DC-DC преобразувател в среда на Matlab/Simulink [5] е даден на фиг. 3.

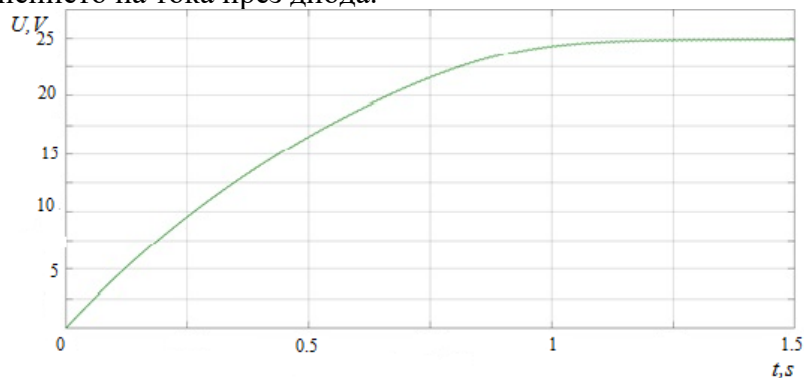


Фиг. 3. Симуляционен модел на повишаващ DC-DC преобразувател

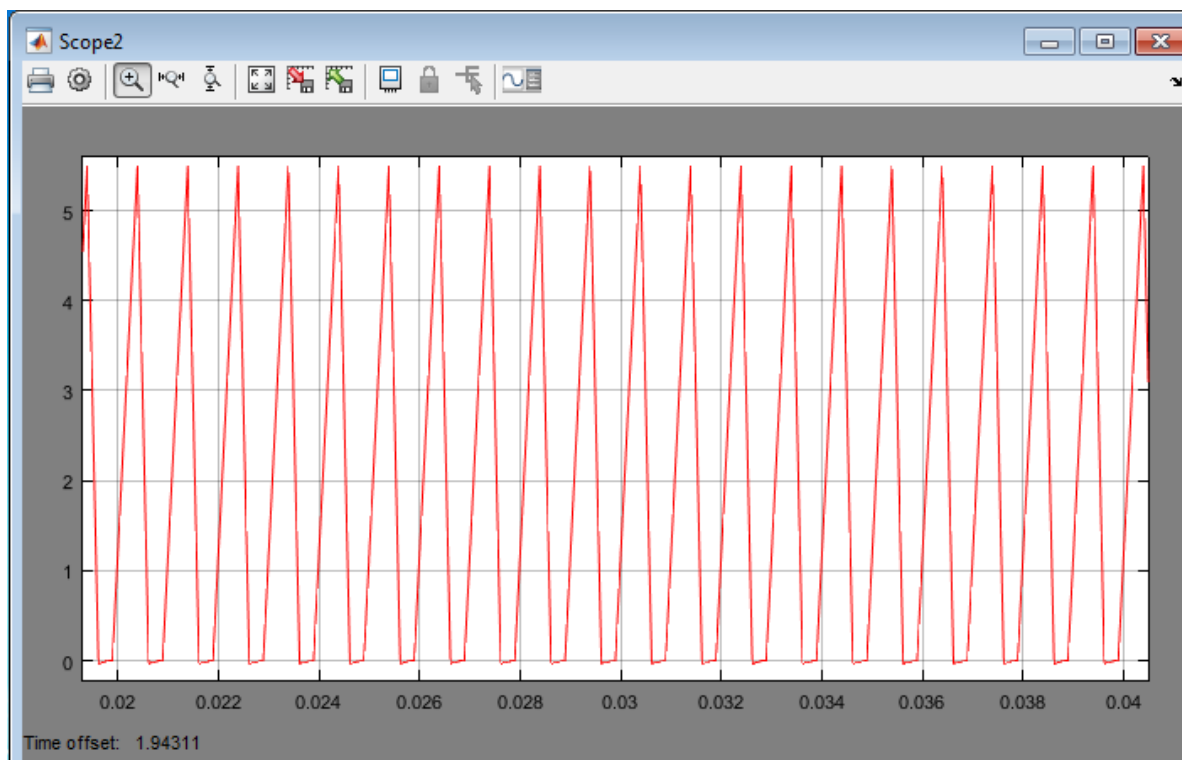
Големината на индуктивността L е 1 mH, а на капацитета C_{out} е 200mF.

За управление на IGBT транзистора се използва генератор на импулси.

На фиг.4 е дадено изходното напрежение на преобразувателя, а на фиг.5 е показано изменението на тока през диода.



Фиг.4. Графика на изходното напрежение



Фиг.5. Графика на тока през диода

4. Заключение

В работата е предложен симулационен модел в среда на Matlab/Simulink на повишаващ преобразувател на постоянно напрежение, който е често използван в PV системи. Получените чрез симулацията графични зависимости са аналогични на теоретичните, което доказва адекватността на модела.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Krauter S. Solar electric power generation-photovoltaic energy systems. Springer, New York 74. 2006
- [2] S. Saravanan, N. Ramesh Babu. Analysis and implementation of high step-up DC-DC converter for PV based grid application. Appl. Energy. 2017
- [3] Obukhov S.G., Plotnikov I.A. Simulation model of operation of autonomous photovoltaic plant under actual operating conditions // Bull. Tomsk Polytech. Univ. Geo Assets Eng. 2017.
- [4] <https://photosolar.bg/blog/fotovoltaichni-paneli-harakteristiki>.
- [5] Cherneva G., Andonov A. Simulation and Examination of a Direct Sequence Spread Spectrum System Using Matlab/Simulink. Proceedings of the XLIV International Scientific Conference Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2009, 25-27.06.2009, p.619-622

MODELING OF A DC-DC STEP-UP CONVERTER FOR A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Peter Ivanov

*Todor Kableskov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Keywords: *photovoltaic system, DC-DC converter, simulation model in Matlab/Simulink.*

Summary: *Renewable energy sources (RES) are the best solution to problems related to security of energy supply, environmental protection and economic development. Photovoltaics (PV) systems occupy a significant share among them.*

Photovoltaic panels convert solar energy into direct current (DC) voltage. In the event that the output voltage of the PV system does not meet the requirements of the consumer, DC-DC converters are used, which convert the DC voltage in magnitude.

In the present work, a mathematical and simulation model of a step-up DC-DC converter with application in a PV system has been developed. According to the proposed methodology, the parameters of the elements of its scheme were determined. The converter is modeled in Matlab/Simulink environment. Simulations of the output voltage and current of the IGBT transistor used as a key element have been obtained.