

НАШІВПРІВІДНІКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

DOI: <https://doi.org/10.12407/pnpisfing2019.23.062>

АДК 621.314

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛІННО-НАШІВПРІВІДНІКОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ ІМПУЛСІВ

І.В. Волков*, В.В. Пашенко, А.І. Сторожук
І.В. Волков, д-р фіз.-мат. наук, Інститут фізики НАН України, м. Київ, вул. Гомона, 29, 03027, Україна
e-mail: qeb8ieqd@ied.org.ua

Проблематика нових генерацій напівпровідникових перетворювачів з високими частотами переключення та високою ефективністю є актуальною. У даній статті розглянуто методи оптимізації параметрів генераторів імпульсів для малих потужностей. Розроблено алгоритми оптимізації параметрів генераторів імпульсів з високими частотами переключення та високою ефективністю. Результати оптимізації порівняно з аналітичними розрахунками. Показано, що оптимізація параметрів генераторів імпульсів дозволяє збільшити частоту переключення та знизити втрати енергії. Ключові слова: імпульсний генератор, оптимізація параметрів, малий потужності, високі частоти переключення.

Вступ. Високочастотні імпульсні генератори знаходяться в основі багатьох сучасних електронних пристроїв. Їх використання дозволяє збільшити частоту переключення та знизити втрати енергії. Однак, оптимізація параметрів генераторів імпульсів є складною задачею. У даній статті розглянуто методи оптимізації параметрів генераторів імпульсів з високими частотами переключення та високою ефективністю. Результати оптимізації порівняно з аналітичними розрахунками. Показано, що оптимізація параметрів генераторів імпульсів дозволяє збільшити частоту переключення та знизити втрати енергії. Ключові слова: імпульсний генератор, оптимізація параметрів, малий потужності, високі частоти переключення.

Метою статті є розробка алгоритму оптимізації параметрів генераторів імпульсів з високими частотами переключення та високою ефективністю. Результати оптимізації порівняно з аналітичними розрахунками. Показано, що оптимізація параметрів генераторів імпульсів дозволяє збільшити частоту переключення та знизити втрати енергії.

1. Значення параметрів генераторів імпульсів з високими частотами переключення

Знаючи властивості неіндуктивного індуктивного опору (НІО) і індуктивного опору (НІО) в розрахунку електричного кола, можна визначити величину струму в НІО і в ІО. Для цього розглянемо схему, наведеної на рис. 1. Вона складається з джерела змінного струму $E = E_0 \sin(\omega t + \alpha)$, опору R_L , конденсатора C_3 та ІО. НІО і ІО з'єднані послідовно. Напруги на них позначимо U_{L3} та U_{C3} . Згідно з законом Ома для ІО, струм I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_{L3}}{Z_L}$, де $Z_L = \omega L$. Для НІО струм I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_{C3}}{Z_C}$, де $Z_C = \frac{1}{\omega C}$. Звідси можна визначити величину струму I_3 і фазовий зсув між ним та напругою U_3 на ІО.

Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{L3}}$, де $Z_{L3} = \omega L_3$. Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{C3}}$, де $Z_{C3} = \frac{1}{\omega C_3}$. Звідси можна визначити величину струму I_3 і фазовий зсув між ним та напругою U_3 на ІО.

Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{L3}}$, де $Z_{L3} = \omega L_3$. Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{C3}}$, де $Z_{C3} = \frac{1}{\omega C_3}$. Звідси можна визначити величину струму I_3 і фазовий зсув між ним та напругою U_3 на ІО.

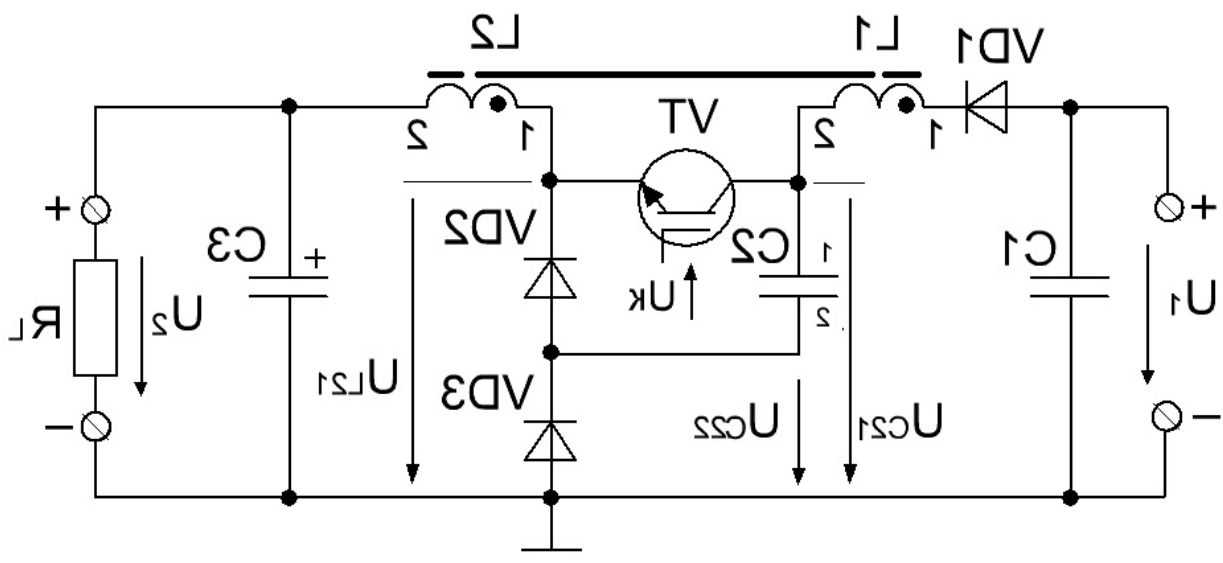


Рис. 1

Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{L3}}$, де $Z_{L3} = \omega L_3$. Величина струму I_3 визначається як $I_3 = \frac{U_3}{Z_{C3}}$, де $Z_{C3} = \frac{1}{\omega C_3}$. Звідси можна визначити величину струму I_3 і фазовий зсув між ним та напругою U_3 на ІО.

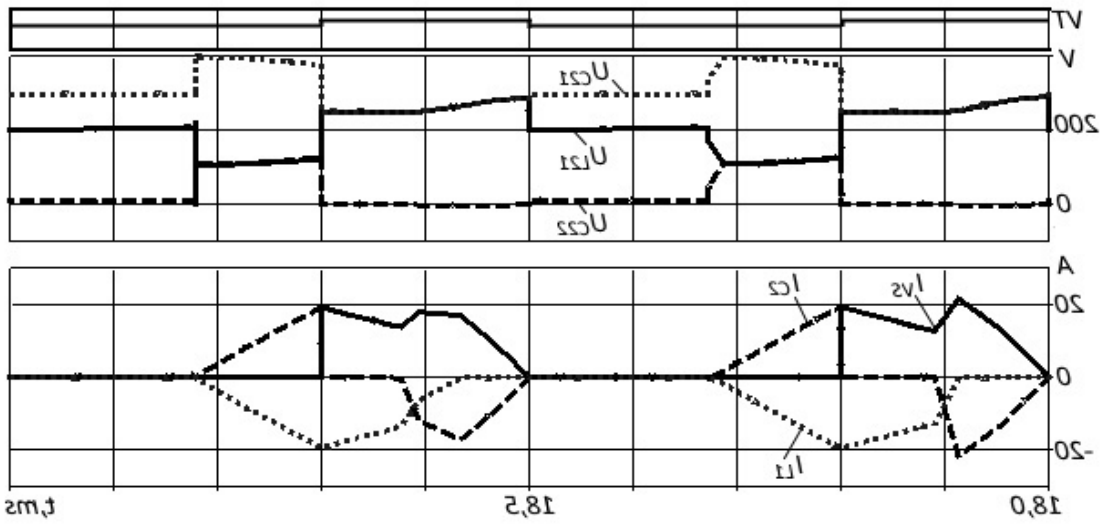


Рис. 2

на вимірюванні встановлено наступні параметри: (напряження живлення) U_{C21} ; (напряження на конденсаторі) U_{C22} ; (напряження на конденсаторі) U_{C23} ; (напряження на конденсаторі) U_{C1} ; (напряження на конденсаторі) U_{C2} ; (напряження на конденсаторі) U_{C3} ; (струм) I_{C1} ; (струм) I_{C2} ; (струм) I_{C3} ; (напряження на конденсаторі) U_{C21} ; (напряження на конденсаторі) U_{C22} ; (напряження на конденсаторі) U_{C23} ; (струм) I_{C1} ; (струм) I_{C2} ; (струм) I_{C3} .
 На основі цих даних обчислено середнє значення вихідної напруги та її коефіцієнт пульсацій. Для цього використано формули:

$$I_{C1} = I_{C2} + I_{C3}$$

Рис. 2

Значення вимірюються на виході кожного з конденсаторів. Напряження на конденсаторі U_{C21} встановлено на рівні U_{C21} . Напряження на конденсаторі U_{C22} встановлено на рівні U_{C22} . Напряження на конденсаторі U_{C23} встановлено на рівні U_{C23} . Струм I_{C1} встановлено на рівні I_{C1} . Струм I_{C2} встановлено на рівні I_{C2} . Струм I_{C3} встановлено на рівні I_{C3} .

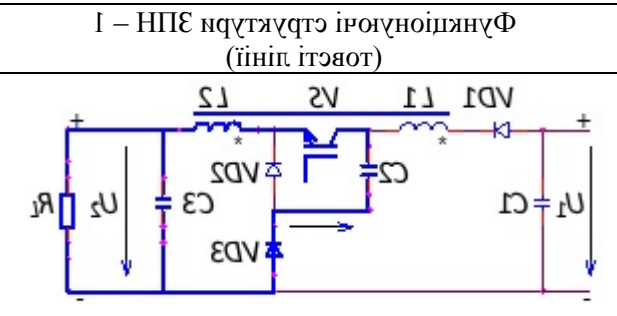


Рис. 1

Рис. 2

Значення вимірюються на виході кожного з конденсаторів. Напряження на конденсаторі U_{C21} встановлено на рівні U_{C21} . Напряження на конденсаторі U_{C22} встановлено на рівні U_{C22} . Напряження на конденсаторі U_{C23} встановлено на рівні U_{C23} . Струм I_{C1} встановлено на рівні I_{C1} . Струм I_{C2} встановлено на рівні I_{C2} . Струм I_{C3} встановлено на рівні I_{C3} .

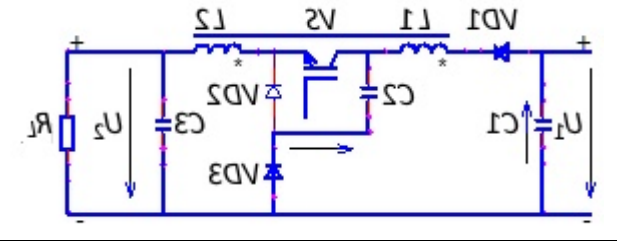


Рис. 2

Рис. 3

Значення вимірюються на виході кожного з конденсаторів. Напряження на конденсаторі U_{C21} встановлено на рівні U_{C21} . Напряження на конденсаторі U_{C22} встановлено на рівні U_{C22} . Напряження на конденсаторі U_{C23} встановлено на рівні U_{C23} . Струм I_{C1} встановлено на рівні I_{C1} . Струм I_{C2} встановлено на рівні I_{C2} . Струм I_{C3} встановлено на рівні I_{C3} .

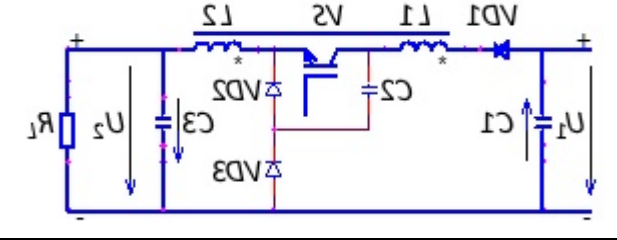


Рис. 3

<p>Классический метод расчета V_2 по формуле (1) не применим, так как в цепи присутствуют индуктивные элементы. Расчет V_2 производится по формуле (2) с учетом индуктивности элементов цепи.</p>		<p>4</p>
<p>Вывод: для расчета V_2 необходимо использовать метод контурных токов с учетом индуктивности элементов цепи.</p>		<p>2</p>

Вывод: для расчета V_2 необходимо использовать метод контурных токов с учетом индуктивности элементов цепи. Расчет производится по формуле (2) с учетом индуктивности элементов цепи. Вывод: для расчета V_2 необходимо использовать метод контурных токов с учетом индуктивности элементов цепи.

Вывод: для расчета V_2 необходимо использовать метод контурных токов с учетом индуктивности элементов цепи. Расчет производится по формуле (2) с учетом индуктивности элементов цепи. Вывод: для расчета V_2 необходимо использовать метод контурных токов с учетом индуктивности элементов цепи.

Модифікація є необхідною для отримання певних характеристик з схеми, що відрізняється від схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1.

2. Трансформаторні ключі в електрододатковій схемі

Застосування трансформаторних ключів дозволяє збільшити навантаження на електрододаткову схему, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1.

2.1. Комплементарні інвертори в електрододатковій схемі

Можливо використовувати комплементарні інвертори в електрододатковій схемі, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1.

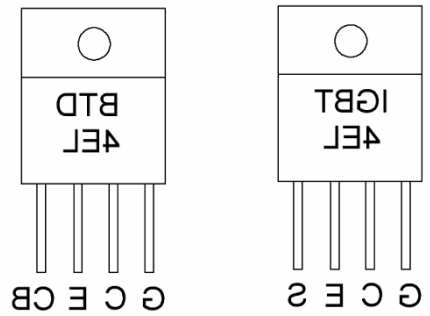


Рис. 3

В електрододатковій схемі, що наведена на рис. 1, для збільшення навантаження на електрододаткову схему, що наведена на рис. 1, необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1. Для цього необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1.

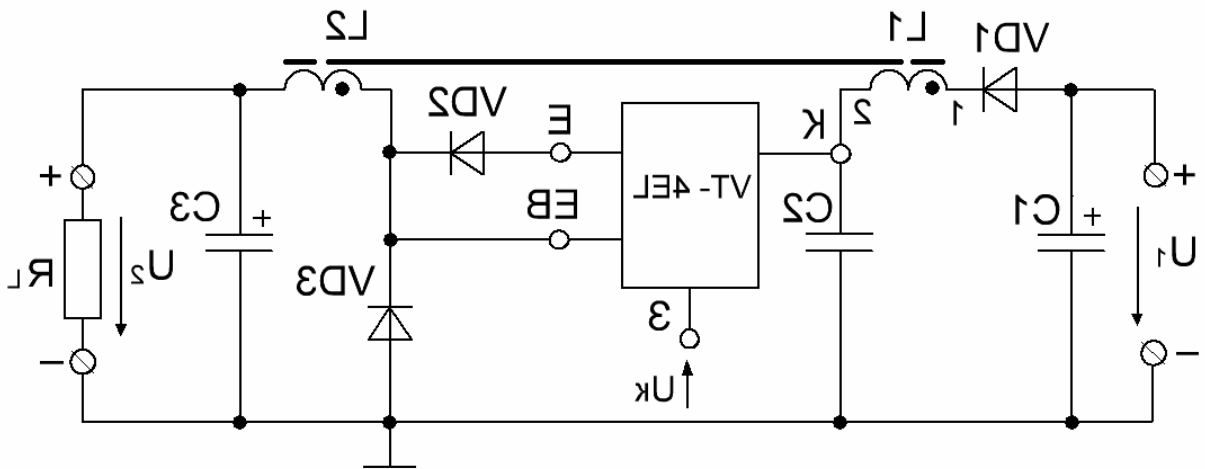


Рис. 4

В електрододатковій схемі, що наведена на рис. 1, для збільшення навантаження на електрододаткову схему, що наведена на рис. 1, необхідно внести зміни в схему, зокладивши її до схеми, що наведена на рис. 1.

класа IGBT-4EL вт в перспективі будувати вигідніші з точки зору вартості в порівнянні з класом IGBT-4EL.

2.2. Тривалість роботи в режимі переривчастого живлення

Важливою характеристикою є тривалість роботи в режимі переривчастого живлення. Вона визначається як частота повторення імпульсу, при якій температура напівпровідника не перевищує допустимого значення. Для визначення тривалості роботи в режимі переривчастого живлення необхідно знати частоту повторення імпульсу, амплітуду напруги та середню температуру напівпровідника.

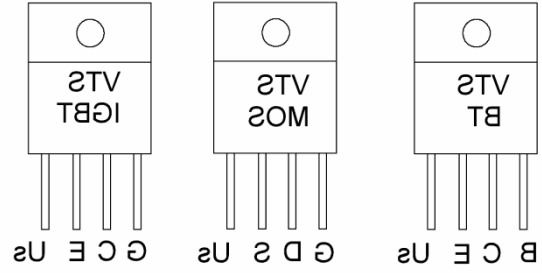


Рис. 2

Важливою характеристикою є тривалість роботи в режимі переривчастого живлення. Вона визначається як частота повторення імпульсу, при якій температура напівпровідника не перевищує допустимого значення. Для визначення тривалості роботи в режимі переривчастого живлення необхідно знати частоту повторення імпульсу, амплітуду напруги та середню температуру напівпровідника.

3. Комісія з питань енергетичної безпеки

Важливою характеристикою є тривалість роботи в режимі переривчастого живлення. Вона визначається як частота повторення імпульсу, при якій температура напівпровідника не перевищує допустимого значення.

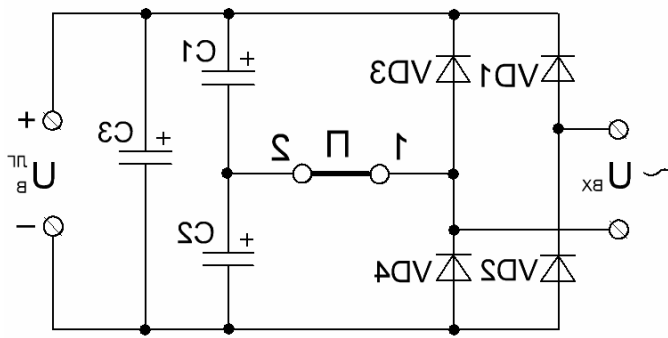


Рис. 6

Клас	Випередження, %	Частота, Гц
1	0	100
2	40	80
3	80	50
4	100	20
5	50	10
6	40	8

Важливою характеристикою є тривалість роботи в режимі переривчастого живлення. Вона визначається як частота повторення імпульсу, при якій температура напівпровідника не перевищує допустимого значення.

1. Волков В.В., Зозуля В.Н., Шолох Д.А., Матвеев М.В. Моделирование электромагнитных процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2016. Т. 42. № 10. С. 1030-1040.
2. Свирин Р. Рудм Т. Математическое моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 1988. Т. 14. № 1. С. 1-8.
3. Рудм Т. Математическое моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2018. Т. 44. № 1. С. 1-8.
4. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14023758.2018.1483294> (CiteSpace v5.8.R3 (64-bit) Java 1.8.0_102).
5. Тютин Н.М. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2002. Т. 28. № 1. С. 1-8.
6. Волков В.В., Зозуля В.Н., Шолох Д.А., Матвеев М.В. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2019. Т. 45. № 1. С. 1-8.
7. Зозуля В.Н. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2017. Т. 43. № 1. С. 1-8.
8. Волков В.В., Зозуля В.Н., Шолох Д.А., Матвеев М.В. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2018. Т. 44. № 1. С. 1-8.
9. Зозуля В.Н., Шолох Д.А., Матвеев М.В. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2018. Т. 44. № 1. С. 1-8.
10. Рудм Т. Математическое моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2018. Т. 44. № 1. С. 1-8.
11. Терещук В.А., Терещук В.А. Моделирование процессов в полупроводниковых структурах // Журнал технической физики. 2011. Т. 37. № 1. С. 1-8.

УДК 621.314

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИХ АЗОВ МАГНІТНО-ПОЛІПРОВІДНИКОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ

В.В. Волков, В.Н. Зозуля, Д.А. Шолох, М.В. Матвеев, В.П. Голубев, канд. техн. наук, ІД НАН України

Пашенко А.П., Сторожук

Інститут фізики електричних машин ІД НАН України, пр. Погоди, 26, Київ, 03027, Україна

e-mail: qeb8ieq@id.org.ua

Презентація нових результатів дослідження на основі комплексних досліджень і оптимізації структур азот-полупроводникових генераторів (МПП) мікро- і наносекундної області частот. Дослідження було проведено за допомогою програмного пакету ANSYS/ICE3D. Розроблено математичну модель процесу електромагнітного зв'язування в азот-полупроводникових структурах. Показано, що оптимальні параметри структури азот-полупроводникових генераторів можна знайти за допомогою методу оптимізації. Показано, що оптимальні параметри структури азот-полупроводникових генераторів можна знайти за допомогою методу оптимізації. Показано, що оптимальні параметри структури азот-полупроводникових генераторів можна знайти за допомогою методу оптимізації.

Ключевые слова: оптимізація, ДС/ДС, процес зв'язування, комп'ютерне моделювання, магнітно-полупроводникові генератори

OPTIMIZATION OF STRUCTURAL UNITS OF MAGNETIC - SEMICONDUCTOR PULSE GENERATORS

I.V. Volkov, V.I. Zozulya, D.A. Sholokh, M.V. Matveev, V.P. Golubev, A.I. Storozhuk

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine

pr. Pogoody, 26, Kyiv, 03027, Ukraine

e-mail: qeb8ieq@id.org.ua

The new scientific results, obtained on the basis of complex research and optimization of structural units of magnetic semiconductor pulse generators (MSPG) of micro and nanosecond ranges, are presented. Two types of DC \ DC converters, focused on their application with high efficiency in MSPG and other devices of power electronics were investigated. Practical schemes of combined single-phase power rectifiers have been developed. It is proved that these rectifiers have the widest range of output voltages - within $\sim (300 \dots 600)$ V and the choice of external characteristics that are optimal for different loads. It has been shown that the spin-use of the considered DC \ DC converters and combined rectifiers as the input part of the MSPG most favor the increase the efficiency of MSPG. New types of transistor switches with four electrodes, effective for application not only in MSPG, but also in many devices of power electronics, are offered. References 11, figures 9, tables 3.

Keywords: DC \ DC converters, combined rectifiers, pulse generators

1. Volkov I.V., Zolotarev V.I., Sholokh D.A. Magnetic-semiconductor devices of power electronics. K.: Naukova Dumka, 2016. 230 p. (Rus)
2. Zevens R., Blum G. Pulsed DC/DC voltage converters for secondary power supply systems. Tr. from English. M.: Energoatomizdat, 1988. 294 p. (Rus)
3. Rusu A.P. Why the windings of the choke of the flyback converter may have a different number of turns. Part 1. Radiotekhnika, 2018. Pp. 1 – 8. (Rus)
4. <https://www.radiolocman.com/review/article.html?di=232947> (Člank resonant buck slashes magnetic Michael Dunn).
5. Gottlieb I.M. Power sources. Inverters, converters, linear and pulse stabilizers. Tr. from English. Moscow: Postmar- ket, 2002. 244 p. (Rus)
6. Volkov I.V., Zolotarev V.I., Storozhuk A.I. Complementary transistor key. Pat. No. 118904 MPK NOXK 17\00. Publ. 25.03.2019. Bull. No 6. (Ukr)
7. Zolotarev V.I. Transducer devices based on reconfiguration of distributed structures. Pratsi Instytutu elektrodynamiki Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. 2017. No 46. Pp. 71 – 80. (Rus)
8. Volkov I.V., Zolotarev V.I., Khristo O.I. Improving of power electronics devices efficiency by the charging timecontrol of their capacitors. Tekhnichna Elektrodynamika. 2019. No 2. Pp. 12 – 18. (Ukr)
9. Zolotarev V.I., Bondarenko A.F., Yurchishin V.Ya. Combined controlled rectifiers of single-phase power supply. Pratsi Instytutu elektrodynamiki Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. 2018. No 21. Pp. 72 – 81. (Rus)
10. Rukin S.N. Generators of powerful nanosecond pulses with semiconductor current breakers. Instruments and experimental technique. 1999. Pp. 2 – 36. (Rus)
11. Gerashimov V.A., Gerashimov V.V. Study of a copper vapor laser pumped by a train of damped sinusoidal excitation pulses. Journal of Technical Sciences. physics. 2011. 81. Vol. 1. Pp. 123 – 126. (Rus)

Received 06.06.2019
 Accepted 06.06.2019