

**SOS-ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НА ОСНОВІ ІМПУЛЬСНОГО БАР'ЄРНОГО РОЗРЯДУ**

І.В.Божко*, канд.техн.наук, **В.І.Зозульов**, канд.техн.наук, **В.В.Кобильчак**
Інститут електродинаміки НАН України,
пр.Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна. e-mail: ws77@ukr.net

Розроблено та досліджено генератор коротких імпульсів амплітудою до 30 кВ та крутизною їхнього фронту $10^{11} \dots 10^{12}$ В/с, що призначений для технологій генерації озону і прямої обробки води імпульсним бар'єрним розрядом. Кінцевий каскад генератора включає в себе індуктивний накопичувач енергії та збірну панель із послідовно включених діодів з часом обриву струму ~ 40 нс. Коефіцієнт передачі енергії від генератора до навантаження у вигляді активного опору досягає 38%, а у випадку навантаження розрядною камерою з бар'єрним розрядом – 20 %. Робиться висновок, що значна частина енергії, яка передається генератором від первинного джерела, накопичується в ємності діелектричного бар'єру розрядної камери, яка потім використовується непродуктивно. Запропоновано шлях її ефективного використання за рахунок магнітного ключа, що в певний час шунтує розрядну камеру. Для ефективного використання енергії від первинного джерела також необхідно ретельне узгодження імпедансу розрядної камери з параметрами генератора. Бібл. 8, рис. 5, табл. 1.

Ключові слова: SOS-генератор, SOS-діод, магнітний ключ, імпульсний бар'єрний розряд, енергія імпульсу.

Типовий SOS-генератор (SG) складається з первинного ємнісного накопичувача енергії з тиристорним (чи іншим) комутатором, магнітного компресора та напівпровідникового переривача струму на SOS-діодах (SD) у вихідному індуктивному накопичувачі енергії [4,6,8]. Магнітний компресор виконує функцію попереднього стискання у часі імпульсів, оскільки для проявлення у діодах SOS-ефекту (обривання зворотного струму з густиною понад 1 кА/см² за час у десятки наносекунд) потрібно, щоб імпульс прямого струму був не довший, ніж 100...400 нс [4].

SG призначені для створення коротких (наносекундного діапазону) високовольтних (десятки і сотні кВ) імпульсів з крутими фронтами ($\sim 10^{11} \dots 10^{13}$ В/с) [4,6,9]. Їхні головні переваги перед альтернативними генераторами з подібними характеристиками (генератори з плазмовими комутаторами) полягають у тому, що вони мають на порядки більший ресурс роботи та високу стабільність параметрів вихідних імпульсів. Серед широкого спектру застосування SG для дослідницьких та практичних цілей (дефектоскопи, лазери, генератори потужного випромінення тощо) однією з областей їхнього доцільного використання є електророзрядні технології отримання озону та обробки води. До цього часу в цих технологіях SG використовували для створення імпульсного коронного розряду [8,9]. В той же час імпульсний бар'єрний розряд (ІБР) має значно вищу енергоефективність, ніж коронний [1,8]. Але використання SG для живлення технологічних установок з ІБР має певні проблеми, бо стійке та оптимальне функціонування SG особливо чутливе до величини та виду зовнішнього навантаження. ІБР для SG представляє собою активно-ємнісне навантаження, причому його активна частина є суттєво нелінійною, а на ємності діелектричного бар'єру розрядної камери після проходження імпульсу розрядного струму залишається заряд, який може впливати на роботу SG. Тому **метою цієї роботи** є розробка та дослідження SG, призначеного для створення ІБР, що використовується для генерації озону та прямої обробки води в пристроях з середньою вихідною потужністю ~ 200 Вт. Виходячи з оптимальних умов реалізації цих електророзрядних технологій [3], таке джерело живлення повинно забезпечувати на навантаженні імпульси напруги до 30 кВ із швидкістю їхнього зростання понад $\sim 10^{11}$ В/с та частотою повторення до 10^3 розрядних імпульсів за 1 с. Створення SG на такі потужності та напруги також має певні труднощі, бо вимагає використовувати у вихідних колах генератора малі індуктивності (< 1 мкГн), які співмірні з паразитними значеннями монтажних з'єднувальних проводів тощо.

Схема генератора. При розробці SG за базову було прийнято схему з магнітним компресором та двоконтурним накачуванням SD у вихідному каскаді генератора [4,6]. Як первинний кому-

татор використовувався відносно простий та дешевий (у порівнянні з транзисторами типу IGBT) тиристор 12-го класу. Електрична схема силової частини SG показана на рис. 1. Він живиться від однофазної мережі змінного струму 220 В, від якої через двопівперіодний випрямляч заряджається конденсатор фільтра $C_0 = 660$ мкФ до регульованої напруги $U_0 = 100 \dots 300$ В.

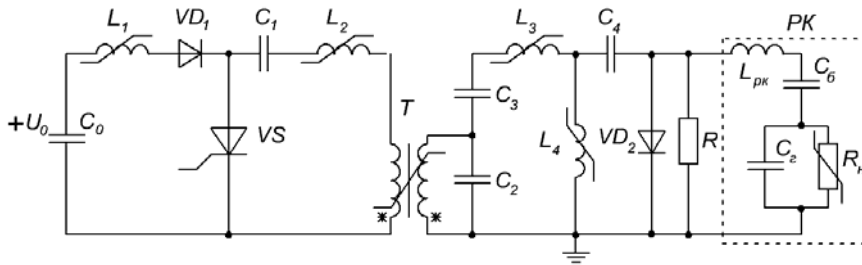


Рис. 1

параметри – осердя з аморфного заліза МН-11Н (фірма MELTA Ltd) розмірами 65/40/25 (зовнішній діаметр/внутрішній/висота), число витків $N=200$, друга – феритове осердя НМС3000 ШК70x70xd17, $N=360$ (час насичення $L_1 = 120$ мкс, індуктивність насичення – 0,9 мГн); L_2 – М1000НН К41x24x11 (5 кілець, $N=6$); L_3 – М1000НН К55x32x9 (14 кілець, $N=11$); L_4 – М1000НН К55x32x9 (10 кілець, $N=5$); трансформатор T – МН-11Н 65/40/25 (2 кільця, число витків первинної обмотки – 2, вторинної – 39). Трансформатор також має обмотку підмагнічування ($N=6$), яка через розв'язуючий дросель підключена до джерела постійного струму (на рис. 1 не показані). Конденсатори: C_1 – складався з 22 паралельно з'єднаних К78-2-1500 В – 0,15 мкФ; C_2 , C_3 – по 2 паралельно включених КВИ-3 – 2200 пФ – 10 кВ, C_4 – 2 паралельні ланки з 2 послідовно з'єднаними КВИ-3 – 2200 пФ – 10 кВ. Перерозподіл електричної енергії між паралельно з'єднаними конденсаторами визначався згідно з рекомендаціями, наведеними у [7]. Діоди: VD_1 – HFA30PB120PBF; VD_2 – послідовно включені 30 діодів HFA30PB120PBF, що виконують функцію SD з робочою напругою до 36 кВ. Тиристор VS – ТБ133-200. Навантаженням SG були опір R та розрядна камера (РК) для генерації озону ІБР [1]. Опір R у ході досліджень змінювався в межах 26,5...1000 Ом і був набраний з резисторів ТВО-20. Параметри схеми заміщення РК були визначені в попередніх дослідженнях і приймалися наступними: індуктивність L_{pk} – 0,2 мкГн, ємність діелектричного бар'єру C_6 – 2025 пФ, ємність газового проміжку C_7 – 310 пФ, опір розряду R_p під час ІБР змінювався від $\sim 10^{12}$ до кількох десятків Ом. Виміри струмів та напруг в SG та РК здійснювалися приладами фірми Tektronix: цифровим двоканальним осцилографом TDS 1012, індуктивним датчиком струму Р6021 та активно-ємнісним подільником напруги Р6015.

Робота генератора та її аналіз. При включенні тиристора VS імпульсом управління попередньо резонансно заряджений від C_0 до напруги $U_{C1} \approx 2U_0$ конденсатор C_1 починає розряджатися через трансформатор T та індуктивність L_2 , осердя якої через 1,5 мкс насичується. Після цього розрядний струм I_{C1} починає стрімко наростати і досягає амплітудного значення 480 А (при $U_0 = 250$ В). Тривалість імпульсу струму I_{C1} складає 5 мкс. За цей час енергія від C_1 через трансформатор T спочатку передається в конденсатор C_2 , а потім через $\approx 2,5$ мкс, коли включаються магнітні ключі L_3 , L_4 , і в конденсатор C_3 . За час дії імпульсу I_{C1} напруга на C_2 , C_3 досягає 10,5 кВ. Після закінчення цього імпульсу майже одночасно насичується осердя T і за ≈ 750 нс відбувається перезарядження C_2 , внаслідок чого напруга на ланцюжку $C_2 - C_3$ зростає до ≈ 17 кВ. Під дією цієї напруги за ≈ 800 нс перемагнічується осердя L_3 , і починається етап прямого накачування SD (VD_2). Напруга проходить по ланцюжку $C_2 - C_3 - L_3 - C_4 - VD_2$ (перший контур). Через час, коли напруга на конденсаторі C_4 досягає максимуму, спрацьовує магнітний ключ L_4 , і по ланцюжку $C_4 - L_4 - VD_2$ (другий контур) здійснюється зворотне накачування SD. При цьому індуктивність насичення L_4 виконує роль індуктивного накопичувача енергії. Осцилограма струму через VD_2 показана кривою 1 на рис. 2. Вона відповідає умові, що навантаженням SG є опір $R = 36,5$ Ом (без РК). З неї видно, що час прямої накачки SD становить 270 нс, а амплітуда струму досягає 160 А. Зворотна накачка SD триває близько 40 нс, під час якої струм досягає 100 А. Після цього починається етап обривання струму, коли за $t \approx 40$ нс струм через SD зменшується до нуля, напруга на SD U починає стрімко (крутизна фронту $\Delta U / \Delta t \sim 10^{11}$ В/с) збільшуватися і досягає амплітудного значення 11 кВ (рис. 2, крива 2). При цьому тривалість імпульсу напруги на R становить ≈ 250 нс. При збільшенні опору R до 1 кОм крутизна $\Delta U / \Delta t$ та амплітуда напруги на SD зростають до $7 \cdot 10^{11}$ В/с та 27 кВ відповідно. Це підтверджує осцилограма

Магнітні елементи схеми попередньо розраховувалися на основі викладеної в [5] методики, а потім уточнювалися в процесі досліджень роботи SG. Остаточні параметри елементів схеми були наступні. Індуктивності: L_1 складається з двох послідовно включених індуктивностей, одна з яких має пар-

напруги на SD (рис. 2, крива 3). Присутність напруги (до ~2 кВ) на SD до початку обривання струму ($t \sim 300$ нс) пов'язана з паразитною індуктивністю плати з SD та властивостями діодів, що використовувалися в цій роботі. Наприклад, їхня заміна на діоди SKR31F12 призводить за одних і тих самих умов до 30% зниження напруги на VD_2 та збільшення крутизни фронту імпульсу напруги до 10^{12} В/с (при $R=1$ кОм).

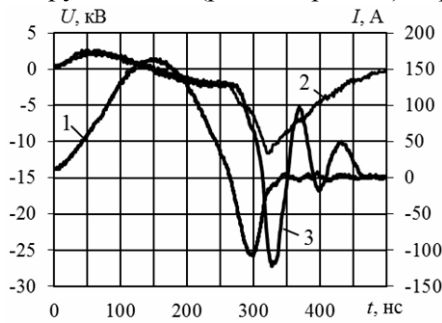


Рис. 2

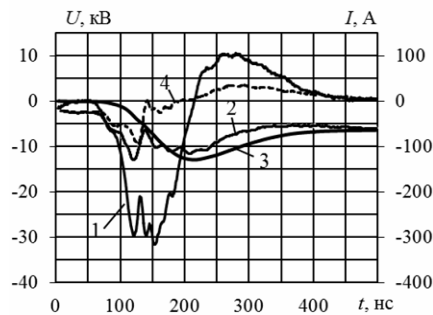


Рис. 3

Підключення РК до SG ($U_0=250$ В) при $R=1$ кОм у незначній мірі (~10%) впливає на амплітуду струму через SD, але суттєво змінює параметри імпульсу напруги на навантаженні. На рис. 3 видно, що амплітуда цієї напруги становить 12,5 кВ (крива 2). РК виступає в ролі розрядника, який «обрізає» напругу на SD після початку обривання зворотного струму через нього. Струм через РК (крива 1) складається з прямої та зворотної півхвиль. Пряма півхвиля струму має тривалість 150 нс і амплітуду до 300 А, а зворотна – відповідно 220 нс та 100 А.

Дослідження показали, що основними елементами схеми SG, в яких втрати енергії найбільші, є VS та VD_2 . За 10 хвилин роботи SG, коли температура його елементів ставала усталеною, для VS та VD_2 вона становила відповідно 50 та 60°C ($U_0=250$ В, при частоті повторення імпульсів на навантаженні $f_i=500$ Гц, $R=36,5$ Ом).

Обговорення та аналіз результатів. Одним з основних показників енергоефективності роботи SG є коефіцієнт передачі енергії η ним від первинного джерела живлення до навантаження. Величина енергії W_R , що виділяється у навантаженні під час дії імпульсу струму через нього, та коефіцієнт η_R за умов, що навантаженням SG є активний опір $R_n=26,5\dots 288$ Ом, представлені на рис. 4 відповідно кривими 1 та 2 ($U_0=250$ В). Значення W_R та η_R розраховувалися відповідно за виразами

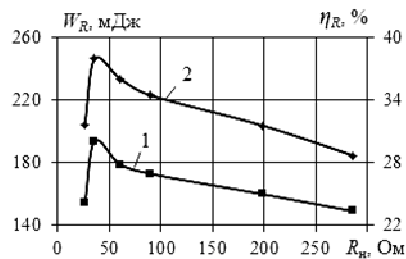


Рис. 4

$$W_R = R_n \int_0^{t_R} I_R^2 dt, \quad (1)$$

$$\eta_R = (W_R / \Delta W_0) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де I_R – струм через опір R_n під час дії t_R імпульсу, ΔW_0 – частина від накопиченої в конденсаторі C_0 енергії, яку він передає для заряджання C_1 . Вона дорівнює

$$\Delta W_0 = \int_0^{t_3} I_{0t} U_{0t} dt, \quad (3)$$

де I_{0t} – струм від ємності C_0 під час t_3 заряду C_1 , U_{0t} – напруга під час цього заряду.

З рисунку видно, що ці залежності мають немонотонний характер. Вони досягають максимумів $W_{RM}=194$ мДж, $\eta_{RM}=38\%$ за однієї і тієї самої умови, коли $R_n \approx 37$ Ом. Тобто це значення R_n є оптимальним для отримання найбільшої енергоефективності SG. При цьому середня вихідна потужність SG при $f_i=1$ кГц становить ~ 200 Вт. Слід відзначити, що η_{RM} є характерною величиною для SG [4,6].

Розрахувати активну енергію $W_{арк}$, що виділяється в РК під час дії ІБР, значно складніше, ніж величину W_R , оскільки поки що не існує усталеної методики її обчислення. В даній роботі $W_{арк}$ знаходилася наступним чином. Активна енергія вкладається в РК під час прямого та зворотного струму через неї. Зворотний струм через РК обумовлений тим, що при прямому струмі через РК заряджається бар'єрна ємність C_6 , яка після його закінчення через ≈ 220 нс розряджається по колу $R_p-C_2-C_3-L_3$ на C_4 та в незначній мірі на R . Час суттєвої деіонізації плазми в РК складає ~1 мкс, тому під час ІБР опір R_p ще незначний і мало впливає на розряд C_6 . Напруга U_6 на C_6 обчислювалася так:

$$U_6 = \frac{1}{C_6} \int_0^{t_{рк}} I_{рк} dt, \quad (4)$$

де I_{pk} – струм через РК, t_{pk} – час його проходження. Змінення в часі $U_{\delta}(t)$, що розраховувалася за (4), показана на рис. 3 кривою 3. Вона свідчить про те, що на момент закінчення прямого імпульсу струму I_{pk} напруга U_{pk} приблизно дорівнює напрузі U_{δ} . Під час зворотного імпульсу I_{pk} ємність C_{δ} розряджається, але не повністю, бо після закінчення ІБР на ній залишається приблизно 6 кВ. Як показали дослідження, ця ємність потім відносно повільно (>5 мкс) розряджається на елементи схеми SG (в основному на R). Щоб обчислити активну енергію, що виділяється в розрядному проміжку, треба знати напругу U_p на ньому під час ІБР. Її можна знайти з рівняння

$$U_p = U_{pk} - U_{\delta} - L_{pk} \frac{I_{pk}}{dt} . \quad (5)$$

Змінення $U_p(t)$ під час ІБР, що обчислена за (5), представлена на рис. 3 кривою 4, звідки видно, що спочатку ця напруга під час дії прямого імпульсу досягає 8 кВ, а потім, коли ІБР сформувався, зменшується майже до нуля. При зворотному імпульсі струму I_{pk} , коли плазма в газовому проміжку починає збільшувати свій опір R_p , величина U_p становить 3 кВ.

Тепер, знаючи I_{pk} (із вимірювань) та U_p (із розрахунків) по (5) та нехтуючи, як несуттєвим, ємнісним струмом через ємність газового проміжку C_g , можна обчислити енергію

$$W_{арк} = \int_0^{t_{pk}} I_{pk} U_p dt . \quad (6)$$

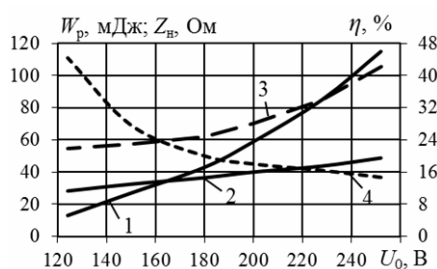


Рис. 5

Залежність цієї енергії від напруги заряду конденсатора C_0 зображена на рис. 5 кривою 1, звідки видно, що спочатку при збільшенні U_0 від 125 до 180 В $W_{арк}$ лінійно зростає з 10 до 40 мДж. При подальшому збільшенні U_0 темп зростання підвищується. При $U_0=250$ В вона досягає 115 мДж. Коефіцієнт передачі енергії $\eta_{рк}$ від C_0 до РК, розраховувався за виразом

$$\eta_{рк} = (W_{арк} / \Delta W_0) \cdot 100\% . \quad (7)$$

Залежність $\eta_{рк}(U_0)$ зображена на рис. 5 кривою 2. Вона свідчить, що величина $\eta_{рк}$ монотонно зростає зі збільшенням U_0 і становить при $U_0 = 250$ В 20%.

Як показали дослідження роботи SG з активним навантаженням, для отримання найбільшого значення η_{RM} треба, щоб опір $R_n \approx 37$ Ом. У випадку, коли навантаженням SG є РК, роль такого параметру може виконувати імпеданс розрядної камери Z під час дії сформованого ІБР. Залежність від напруги U_0 цієї величини, яка розраховувалася як $Z = U_{ркy} / I_{ркy}$ ($U_{ркy}$, $I_{ркy}$ – усереднені значення напруги та струму РК в області їхніх максимумів під час прямого ІБР), представлена кривою 4 на рис. 5. З неї видно, що зі зростанням U_0 величина Z зменшується і при $U_0 = 250$ В також становить ≈ 37 Ом. Саме за цих умов у даній роботі значення $\eta_{рк}$ було найбільшим.

Для коректного порівняння вихідних параметрів SG при різних видах навантаження (на R_n та на РК) була взята одна і та сама напруга $U_0=250$ В, при якій імпеданс РК становить $Z=37$ Ом та $R_n=36,5$ Ом (тобто $Z \approx R_n$). Порівняння показало (див. табл.), що за цих умов у випадку навантаження SG опором R_n імпульсна енергія W_R та величина η_R майже вдвічі більші, ніж $W_{арк}$ та $\eta_{рк}$ при підключенні РК до SG. Це пояснюється тим, що після закінчення ІБР значна частина енергії залишається в бар'єрній ємності C_{δ} , яка потім непродуктивно розсіюється в елементах SG.

| Навантаження – R_n | | | Навантаження – РК | | | | |
|----------------------|-------------|--------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| R_n , Ом | W_R , мДж | η_R , % | Z , Ом | $W_{арк}$, мДж | $W_{рк}$, мДж | $\eta_{рк}$, % | $\eta_{ркп}$, % |
| 36,5 | 194 | 38 | 37 | 115 | 249 | 19,5 | 42 |

Передача енергії від SG в РК відбувається під час t_1 першої півхвилі струму $I_{рк}$. Її величина дорівнює

$$W_{рк} = \int_0^{t_1} I_{рк} U_{рк} dt . \quad (8)$$

Ця енергія складається з двох частин: активної енергії, що виділилася в розрядному проміжку (на R_p), та ємнісної енергії $W_{\delta 1}$, яка накопичилась на C_{δ} за t_1 . Під час другої півхвилі струму $I_{рк}$ енергія $W_{\delta 1}$ частково виділяється на R_p , але основна її частина непродуктивно і відносно повільно (>5 мкс) розсіюється на елементах SG та в РК. Тому величина активної енергії $W_{арк}$, що виділяється в РК під час ІБР, значно менша енергії $W_{рк}$, що була передана від SG в РК. Як показали попередні дослідження

авторів роботи [2], ємнісну енергію W_6 при ІБР можна ефективно використати, долучивши до SG магнітний ключ, що в певний час (після закінчення прямого струму) шунтує РК і майже вдвічі збільшує зворотний струм через неї. Теоретично активна енергія, яка могла б виділятися в РК при наявності такого ключа, $W_{арк} \approx W_{рк}$ (нехтуючи втратами в обмотці та на перемагнічування цього ключа), і в цьому випадку значення $\eta_{ркт}$ досягло б граничного значення і визначалося б тільки втратами в SG. Залежність $\eta_{ркт}(U_0)$, що розрахована по (7) за умови $W_{арк} = W_{рк}$, показана на рис. 5 кривою 3. З неї видно, що при $U_0=250$ В $\eta_{ркт}$ досягає 42%. Ця величина вдвічі більша реального $\eta_{рк}$ і близька до тієї, що була отримана при навантаженні SG опором 36,5 Ом. Таким чином, одним із шляхів підвищення енергоефективності SG є продуктивне використання енергії, що накопичується під час дії ІБР в бар'єрній ємності РК.

Висновки. Розроблено та досліджено виконаний на твердотільній електроніці генератор імпульсного бар'єрного розряду з середньою потужністю до 200 Вт для реалізації технологій генерації озону та прямої обробки води. Він забезпечує формування імпульсних напруг до 27 кВ зі швидкістю зростання $10^{11} \dots 10^{12}$ В/с. Коефіцієнт передачі енергії в генераторі від первинного накопичувача енергії до його навантаження у вигляді розрядної камери з імпульсним бар'єрним розрядом складає 20 %. Цей коефіцієнт можна майже вдвічі підвищити за рахунок продуктивного використання енергії, що накопичується в ємності діелектричного бар'єру розрядної камери під час проходження розрядного імпульсу. Оптимізація енергетичних характеристик генератора повинна базуватися на узгодженні його параметрів з імпедансом розрядної камери під час сформованого бар'єрного розряду, а також на узгодженні сумісної роботи всіх його частин.

1. Блага О.В., Божко И.В. Дослідження генерації озону в імпульсному бар'єрному розряді // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 5. – С. 85–89.
2. Блага О.В., Божко И.В., Зозульов В.І., Кобильчак В.В. Удосконалення джерела живлення для збільшення енергоефективності імпульсного бар'єрного розряду // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 6. – С. 76–80.
3. Божко И.В., Чарный Д.В. Исследование эффективности очистки воды от органических примесей импульсными разрядами // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 3. – С. 81–86.
4. Васильев П.В., Любутин С.К., Педос М.С., Пономарев А.В., Ружин С.Н., Сабитов А.К., Словицкий Б.Г., Тимошенков С.П., Циранов С.Н., Чолах С.О. SOS-генератор для технологических применений // Приборы и техника эксперимента. – 2011. – № 1. – С. 61–67.
5. Меерович Л.А., Ватин И.М., Зайцев Э.Ф., Кандыкин В.М. Магнитные генераторы импульсов. – М.: Советское радио, 1968. – 475 с.
6. Ружин С.Н. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока // Приборы и техника эксперимента. – 1999. – № 4. – С. 5–36.
7. Супруновская Н.И., Щерба А.А. Процессы перераспределения электрической энергии между параллельно соединенными конденсаторами // Технічна електродинаміка. – 2015. – № 4. – С. 3–11.
8. Malik Muhammad Arif. Water purification by plasmas: which reactors are most energy efficient? // Plasma chemistry and plasma processes. – 2010. – Vol. 30. – No 4. – Pp. 21–31.
9. Sugai Taichi, Liu Wei, Tokuchi Akira, Jiang Weihua, Minamitani Yasushi. Influence of a circuit parameter for plasma water treatment by an inductive energy storage circuit using semiconductor opening switch // IEEE transactions on plasma science. – 2013. – Vol. 41. – No 4. – Pp. 967–974.

УДК 537.523.9 + 621.373.54

SOS-ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

И.В.Божко, канд.техн.наук, **В.И.Зозулев**, канд.техн.наук, **В.В.Кобильчак**

Институт электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

e-mail: ws77@ukr.net

Описан генератор коротких импульсов амплитудой до 30 кВ и крутизной их фронта $10^{11} \dots 10^{12}$ В/с, предназначенный для технологий генерации озона и прямой обработки воды импульсным барьерным разрядом. В конечном каскаде генератора использована сборка диодов с временем обрыва тока ~ 40 нс. Коэффициент передачи энергии от генератора к нагрузке в виде активного сопротивления достигает 38 %, а в случае нагрузки в виде барьерного разряда – 20 %. Делается вывод, что значительная часть энергии, потребляемой ге-

нератором от первичного источника, накапливается в емкости диэлектрического барьера разрядной камеры, которая впоследствии растрачивается непродуктивно. Предлагается путь ее полезного использования. Для эффективного использования энергии от первичного источника также необходимо тщательное согласование с параметрами генератора импеданса разрядной камеры. Библиография, табл. 1, рис. 5.

Ключевые слова: SOS-генератор, SOS-диод, магнитный ключ, импульсный барьерный разряд, энергия импульса.

SOS-GENERATOR FOR THE ELECTRIC DISCHARGE TECHNOLOGY USED PULSE BARRIER DISCHARGE

I.V.Bozhko, V.I.Zozuljov, V.V.Kobylchak
Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
pr. Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.
e-mail: ws77@ukr.net

The generator of short pulses amplitude of up to 30 kV and the steepness of the front in $10^{11} \dots 10^{12}$ V/s is described. It designed for industrial technology generation ozone and direct water treatment by pulsed barrier discharge. Inductive energy storage and diodes with the time of breakage of current ~ 40 ns is used in the final stage of the generator. The coefficient of energy transfer from the primary energy storage to a resistance load reaches 38%, in the case of a load in the form of a barrier discharge - 20%. The conclusion is that a significant part of the energy transmitted from the primary source, stored in a capacity of dielectric barrier discharge chamber, which is then wasted unproductively. The path of beneficial using this capacitive energy is proposed when discharge camera shunts immediately after pulse barrier discharge with magnetic switch. A thorough coordination the impedance of discharge camera with options of the generator is also needed to improve the efficiency of using of energy from the primary source.

References 9, figures 5, table 1.

Key-words: SOS-generator, SOS-diode, magnetic switch, pulse barrier discharge, energy of the pulse.

1. Blaga O.V., Bozhko I.V. Research of ozone generation in pulse barrier discharge // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2013. – No 5. – Pp. 85–89. (Ukr)
2. Blaga O.V., Bozhko I.V., Zozuljov V.I., Kobylchak V.V. Improvement of the power supply to increase the energy efficiency of pulse barrier discharge // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2014. – No 6. – Pp. 76–80. (Ukr)
3. Bozhko I.V., Charnyi D.V. A study on effectiveness of water purification from organic impurities by pulse discharges // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2013. – No 3. – Pp. 81–86. (Rus)
4. Vasiliev P.V., Lyubutin S.K., Pedos M.S., Ponomarev A.V., Rukin S.N., Sabitov A.K., Slovikovskiy B.G., Timoshenko S.P., Ciranov S.N., Cholah S.O. SOS-generator for technological applications // Pribory i Tekhnika Eksperimenta. – 2011. – No 1. – Pp. 61–67. (Rus)
5. Meerovich L.A., Vatin I.M., Zaizev E.V., Kandikin V.M. Magnetic generators of pulses. – Moskva: Sovetskoe Radio, 1968. – 476 p. (Rus)
6. Rukin S.N. Generators of powerful nanosecond pulses with semiconductor opening switch // Pribory i Tekhnika Eksperimenta. – 1999. – No 4. – Pp. 5–36. (Rus)
7. Suprunovska N.I., Shsherba A.A. Process of energy redistribution between parallel connected capacitors // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2015. – No 4. – Pp. 3–11. (Rus)
8. Malik Muhammad Arif. Water purification by plasmas: which reactors are most energy efficient? // Plasma chemistry and plasma processes. – 2010. – Vol. 30. – No 4. – Pp. 21–31.
9. Sugai Taichi, Liu Wei, Tokuchi Akira, Jiang Weihua, Minamitani Yasushi. Influence of a circuit parameter for plasma water treatment by an inductive energy storage circuit using semiconductor opening switch // IEEE transactions on plasma science. – 2013. – Vol. 41. – No 4. – Pp. 967–974.

Надійшла 15.09.2015
Остаточний варіант 20.11.2015