

$$\varphi_j = \sum_{n=1}^3 (A_{n,j} J_m(\kappa_{n,j} \rho) + B_{n,j} N_m(\kappa_{n,j} \rho)) e^{im\phi + ikz}$$

Так як зовнішній шар є тонким ($R_2 - R_1 \ll l_{ex}$), то можемо вважати $\kappa_{n,2} = 0$ [3]. За допомогою магнітостатичного доданку $\mathbf{h}_m = -\vec{\nabla} \varphi$ та матеріальних співвідношень отримано розподіл намагніченості.

З граничних умов (неперервність тангенціальної компоненти намагніченості при $\rho = R_1$; неперервність нормальної компоненти індукції між двома шарами при $\rho = R_1$; а також з умови неперервності намагніченості та її похідної на границі розділу шарів нанодроту) отримуємо систему рівнянь, де невідомими змінними вважаємо амплітуди $A_{n,j}$ та $B_{n,j}$. Складаємо для отриманої системи визначник, у який входять Ω та k . За допомогою визначника знаходимо спектр спінових хвиль. Таким чином, головна мета роботи, знайти спектр спінових хвиль $\Omega(k)$ досягнута.

Література

1. Rychły J., Tkachenko V. S., Kłos J. W., Kuchko A., Krawczyk M. Spin wave modes in a cylindrical nanowire in crossover dipolar-exchange regime. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2019.
2. Arias, Mills. Theory of spin excitations and the microwave response of cylindrical ferromagnetic nanowires. *PHYSICAL REVIEW B*, VOLUME 63, 134439 (2001)
3. Горобець Ю. І., Куліш В. В. Дипольно-обмінні спінові хвилі у ферромагнітній нанотрубці. *Укр. фіз. журн.* Т. 59, №5, 2014

УДК 621.396.6

ВИСОКОЧАСТОТНИЙ ВИСОКОВОЛЬТНИЙ DC/AC ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ КЛАСУ E

Д. В. Чернов, В. Г. Крижановський

Високочастотні високовольтні генератори широко використовуються в промислових застосуваннях, таких як генератори озону в медицині [1], плазмова різка [2], збудження газорозрядних ламп для освітлення та інші. Такі пристрої звично будуються на основі перетворювачів енергії, тобто DC/AC перетворювачі, які базуються підсилювачах потужності. На високих частотах у активному пристрої, якій входить до складу підсилювача потужності, виникають втрати, які збільшуються з ростом частоти. Тому, для зменшення втрат в активному пристрої застосовують ключові підсилювачі потужності. Одним представником такого класу підсилювачів є підсилювач класу E [3], у якому мінімізуються комутаційні втрати. Ще одною перевагою підсилювачів класу E є простий розрахунок та проста схемна реалізація [4]. Завдяки використанню високочастотної високооборотної резонансної схеми, можливо використання котушки з невеликим числом витків замість трансформатора з двома обмотками для отримання високої вихідної напруги. У роботі розроблено високочастотний високовольтний DC/AC перетворювач напруги з амплітудою вихідної напруги 2 кВ та робочою частотою 1,5 МГц. За технічним завданням, навантаження цього перетворювача є чисто реактивним з ємністю $C_L = 15$ пФ. Схеми перетворювача наведена на рис. 1.

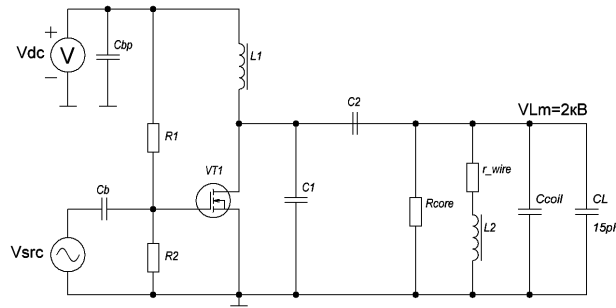


Рис. 1. Перетворювач класу E

На цій схемі еквівалентний опір R_{core} відповідає втратам у магнітному осерді, яке залежить від індукції та частоти. У якості осердя було обрано карбонільне залізо з магнітною проникністю 10. Еквівалентна ємність C_{coil} відповідає власної ємності котушки L_2 , а еквівалентний опір r_{wire} відповідає втратам у дроті котушки L_2 . У зв'язку з тим, що навантаження підсилювача чисто реактивне, навантажувальний опір підсилювача представлений загальним еквівалентним опором всіх елементів схеми. Котушка L_2 спільно з ємностями навантаження C_L та власної C_{coil} утворює трансформатор опору, який трансформує еквівалентний опір R_{core} в навантажувальний опір підсилювача класу E. У схемі було використано плівкові конденсатори та провід літцендрат 0.1mm x 150, які мають низькі втрати, тому можна вважати, що більшість втрат зосереджено у магнітному осерді. Згідно експериментальним вимірам, еквівалентний опір втрат у осерді з карбонільного заліза T200-2 склав $R_{core} = 71,8$ кОм. Власна експериментальна ємність виготовленої котушки склала $C_{coil} = 30$ пФ.

Запропонований перетворювач було модельовано та експериментально досліджено з наступними параметрами:

- напруга живлення — $V_{DC} = 38$ В;
- робоча частота — $f_o = 1,5$ МГц;
- навантажена добротність — $Q_L = 51$;
- навантаження — $C_L = 15$ пФ;
- потужність постійного струму — $P_{DC} = 31$ Вт.

Теоретичні залежності напруг та струмів у підсилювачі наведено на рис. 2, експериментальні на рис. 3.

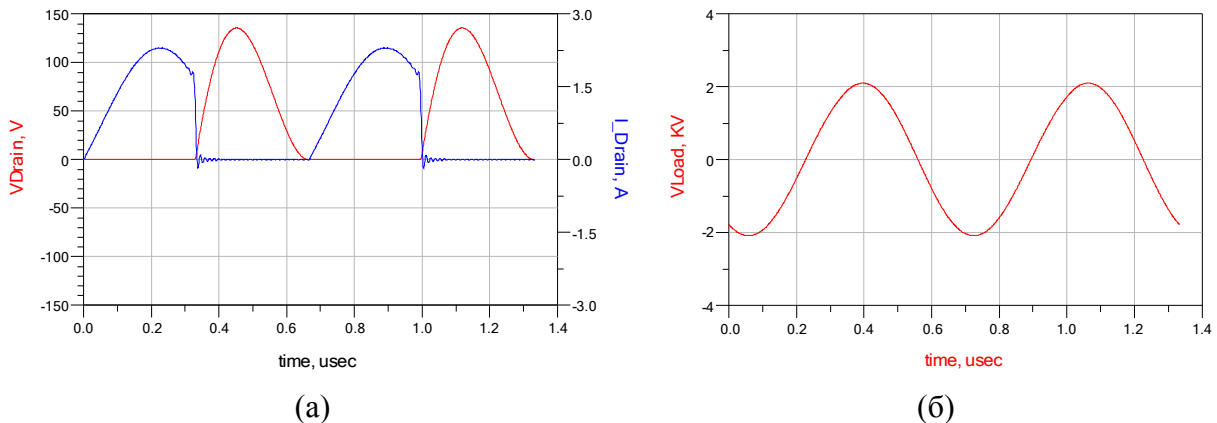


Рис. 2. Теоретичні форми напруги та струму у перетворювачі: (а) – стоківих напруги та струму транзистора; (б) – вихідної напруги.

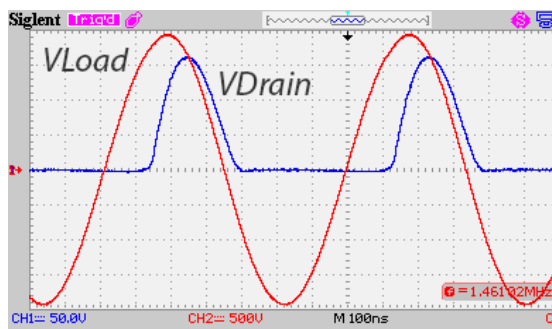


Рис. 3. Експериментальні форми вихідної напруги та стокової

Таблиця 1

Теоретичні та експериментальні параметри перетворювача

Параметр	Моделювання	Експеримент
Робоча частота f_o , МГц	1,5	1,46
Напруга живлення, В.	38	34
Потужність постійного струму P_{DC} , Вт	31	27.2
Вихідна напруга, кВ.	2	2

Висновки. У роботі запропоновано високочастотний високовольтний перетворювач класу Е. Цей перетворювач має просту схему та просту процедуру розрахунку. Завдяки використанню резонансної високочастотної схеми з простою конфігурацією значно спрощено отримання високої напруги, ніж за допомогою трансформатора з високовольтною вторинною обмоткою. Використання підсилювача класу Е дозволило зменшити комутаційні втрати у активному елементі. Перетворювач було розраховано, промодельовано та побудовано. Отримано його експериментальні параметри, які вийшли близькими до теоретичних.

Література

1. Gerald M. Eberhardt. Design and Implementation of a Compact Highly Efficient 472kHz Radio Frequency Generator For Electrosurgery. Thesis, for the Degree of Master of Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, Summer 2011.
2. C. Yong-NongK. Chih-Ming. Design of Plasma Generator Driven by High-frequency High-voltage Power Supply. // Journal of Applied Research and Technology, Volume 11, Issue 2, April 2013, Pages 225–234.
3. Sokal N. O., Sokal A. D. Class E – a new class of high-efficiency tuned single-ended switching power amplifiers. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, June 1975. Vol. sc-10. No.3. Pp. 168–176.
4. Крыжановский В. Г. Транзисторные усилители с высоким КПД. Донецк: Апекс, 2004. 448 с.