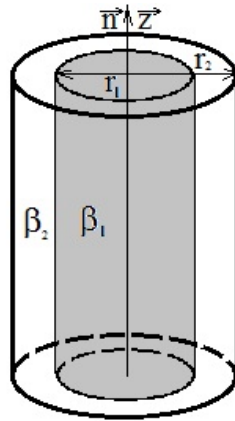


## ДИНАМІКА НАМАГНІЧЕНОСТІ У КОАКСІАЛЬНОМУ ТА ФЕРОМАГНІТНОМУ НАНОДРОТІ

*В. С. Ткаченко, П. Ю. Полинчук*

Хвилі намагніченості (спінові хвилі) у магнітовпорядкованих матеріалах інтенсивно досліджуються останніми роками [1]. Особливий інтерес дослідників викликають спінові хвилі у тонких феромагнітних плівках, нанодротах та інших наносистемах з магнітовпорядкованого матеріалу. Спінові хвилі у наноструктурах є перспективними для створення нових пристроїв зберігання та передачі інформації.

У роботі розглянуто циліндричний нанодріт, який складається з двох феромагнітних шарів з анізотропією типу «легка вісь»: внутрішній шар радіусу  $R_1$  з неоднорідною намагніченістю, а зовнішній шар радіусу  $R_2$ . Причому,  $R_2 - R_1 \ll l_{ex}$  ( $l_{ex}$  – характерна довжина обмінної взаємодії), тобто зовнішній шар є тонким. Обидва шари мають однувісну анізотропію  $\beta_1$  та  $\beta_2$ , відповідно.



*Рис. Модель матеріала*

Для аналізу динаміки намагніченості було застосовано рівняння Ландау-Ліфшиця для кожного шару:

$$\frac{\partial \mathbf{M}_j}{\partial t} = -g[\mathbf{M}_j \times \mathbf{H}_{eff,j}],$$

де  $\mathbf{H}_{eff,j} = (H_0 + \beta_j M_0) \mathbf{n} + \alpha_j \Delta \mathbf{M}_j + \mathbf{h}_{m,j}$  – ефективне поле;  $\mathbf{h}_{m,j}$  – магнітостатичне поле;  $\beta$  – коефіцієнт анізотропії;  $\alpha$  – коефіцієнт обмінної взаємодії;  $j$  – номер шару. Вважається, що  $\mathbf{M}_j(\mathbf{r}, t) = \mathbf{n} M_{0,j} + \mathbf{m}_j(\mathbf{r}, t)$ ,  $|\mathbf{m}_j| \ll M_0$ .

З лінеаризованого рівняння динаміки намагніченості у магнітостатичному наближенні, за допомогою методу описаного у [2], отримано дисперсійне співвідношення:

$$\alpha_j^2 (k^2 + \kappa_j^2)^3 + \alpha_j (2H_j + 4\pi)(k^2 + \kappa_j^2)^2 + (H_j(H_j + 4\pi) - \Omega^2 - 4\pi\alpha_j k^2)(k^2 + \kappa_j^2) + 4\pi H_j k^2 = 0$$

де  $\Omega = \frac{\omega}{gM_{0,j}}$ ,  $H_j = h_j + \beta_j$ ,  $h_j = \frac{H_0}{M_{0,j}}$ .

Розв'язком лінеаризованого рівняння динаміки намагніченості є суперпозиція функцій Бесселя:

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

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  $\Omega$  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 там 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.