

УДК 621.318.434.1

М. Наконечний, асистент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНДУКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА

М. Nakonechniy

### RESEARCH OF INFLUENCE TEMPERATURE ON ELECTROMAGNETIC CHARACTERISTICS INDUCTIVE ELEMENT.

Індуктивні елементи (ІЕ) в світлотехнічній галузі в основному використовуються в якості компонентів електронних ПРА. В даній роботі ставилось завдання розглянути можливість заміни дискретних індуктивних елементів на планарні, що дозволило б перейти до мікромодульної системи живлення енергоощадних ЛЛ.

Метою роботи було дослідження електромагнітних характеристик індуктивних елементів планарної системи на основі комп'ютерної моделі.

Загальний вигляд моделі дроселя планарної системи зображено на рис.1.

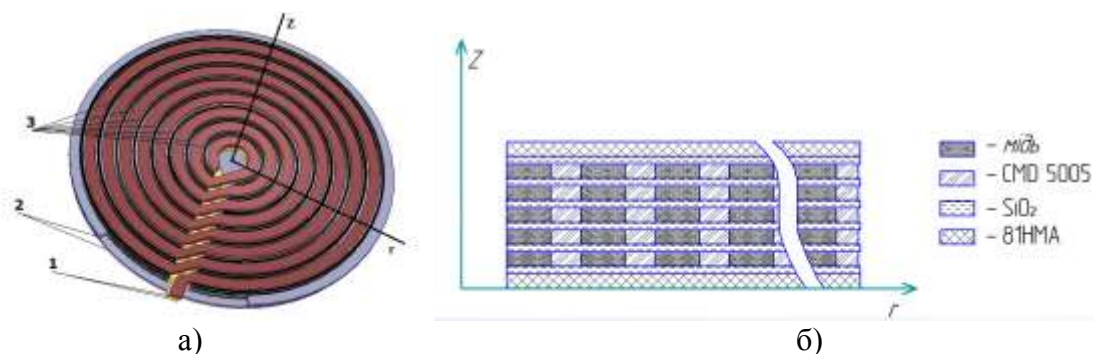


Рис 1 Загальний вигляд моделі (а), та її переріз площиною Zr (б).

Конструкція ІЕ, який буде використовуватися в ролі дроселя в електричних схемах розрядних ламп, складається з: обмотки 1, ізолятора 2, феромагнітної плівки 3. Витки обмотки являють собою доріжки з міді, нанесені у взаємно протилежних напрямках методом вакуумного осадження. Між витками котушки для підвищення її індуктивності нанесено феромагнітний матеріал (NiZn ферит), який завдяки високому значенню питомого опору (\*порядку  $10^6$  Ом·м), забезпечує надійний ізоляційний захист між витками. Матеріалом для верхніх та нижніх плівок служить високо нікелевий пермалой марки 81HMA

Одним з основних якісних параметрів будь якого індуктивного елемента є температурний коефіцієнт індуктивності (ТКЛ), що характеризує відносну зміну індуктивності ІЕ при зміні його температури на один градус Цельсія. ТКЛ переставляє собою складний параметр, що враховує температурні коефіцієнти магнітної та діелектричної проникності феромагнітного матеріалу, а також теплове розширення міді та магнітопроводу. Для визначення ТКЛ використовується рівняння:

$$\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}, \quad (1)$$

де  $L_0$  - початкове значення індуктивності,  $\Delta L$  та  $\Delta T$  - відносні зміни індуктивності та температури, відповідно. Джерелом тепла в ІЕ окрім мідної котушки також служить й феромагнітний матеріал, що нагрівається в результаті вихрових струмів. Котушка

збуджувалась синусоїдальним струмом з амплітудою 0,5 А в діапазоні частот від 10 до 50 кГц.

Моделювання проводилося в програмному комплексі COMSOL Multiphysics, в якому розглядалися термодинамічна та магнітоелектрична зв'язана задача.

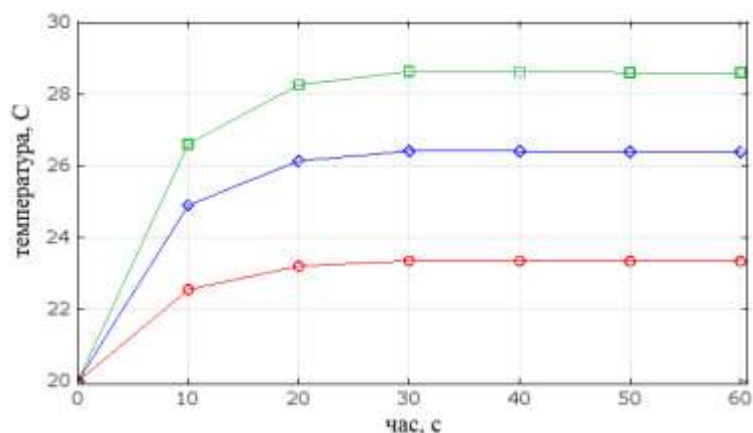


Рис 2 Залежність температури ІЕ при різних значеннях частоти струму;  $\circ$  – 10 кГц,  $\diamond$  - 30 кГц,  $\square$  – 50 кГц.

Як видно з рисунка 2 температура ІЕ сильно залежить від частоти струму але залишається низькою на достатньо високих частотах. Залежність температури від частоти пояснюється зменшенням ефективною площею провідності провідника котушки в результаті витіснення струму в поверхневий шар під впливом скін-ефекту. Також джерелом тепла служать вихрові струми в феромагнетик, що залежать як від частоти перемагнічування, так і від питомого опору матеріалу. Рівняння втрат на вихрові струми має вигляд;

$$P = \frac{\pi^2 B^2 f^2 h^2}{6\rho} \quad (2)$$

де  $B$  - значення індукції магнітного поля,  $f$  - частота перемагнічування,  $h$  - ширина плівки,  $\rho$  - питомий опір. Як можна бачити з цієї формули суттєвий вклад в підвищення загальної температури ІЕ будуть вносити вихрові струми в пермалоевих плівках опір яких рівний  $8 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . На рисунку 3 зображено діаграми залежності ТКЛ при різних частотах перемагнічування, малі значення якого отримані завдяки великій площі охолодження ІЕ.

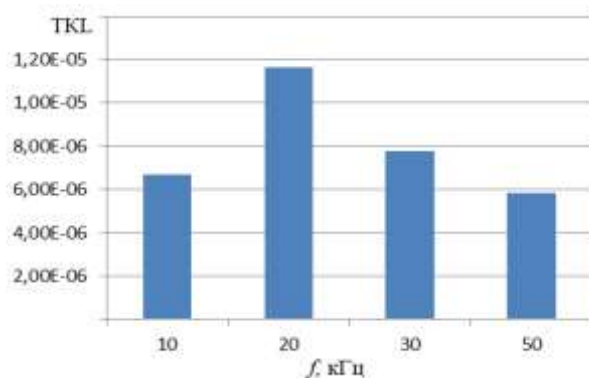


Рис 3. Залежність ТКЛ від частоти індуктивного елемента.