

УДК 681.527.2

Подус О.Р.¹, Тиховод С.М.²

¹ студ. гр. Е-919м НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПІРАТОРНО-КОНДЕНСАТОРНІ МОДЕЛІ

Моделювання є невід'ємною частиною розробки електромагнітних пристроїв, наприклад, трансформаторів.

В даний час моделювання перехідних процесів в електричних комплексах, пов'язаних з електромагнітними пристроями доцільно проводити методами теорії електричних і магнітних кіл, які взаємодіють між собою. Об'єднане магнітне і електричне коло складають так звану магнітоелектричну схему заміщення (МЕСЗ), яка моделюється як єдине коло.

Піраторно-конденсаторний метод моделювання МЕСЗ з використанням поняття «магнітний струм» - це крок вперед в моделюванні МЕСЗ. Це дає підставу для модифікації математичної моделі, яка покладена в основу універсального програмного комплексу Colo, а також доопрацювання самого програмного комплексу.

Розглянемо замкнутий феромагнітний магнітопровід довжиною ℓ , на якому розташована котушка, яка містить N витків. Якщо підключити до котушки джерело змінної напруги $e(t)$, то по виткам котушки потече електричний струм $i(t)$. Відповідно до закону повного струму можна записати:

$$H \cdot \ell = N \cdot i \quad (1)$$

У роботах М.А. Шакірова запропоновано використовувати поняття магнітного струму зміщення $i^m = d\Phi / dt$ по аналогії з електричним струмом зміщення щільністю dD / dt . Подібно до електричного струму зміщення, що

протікає через ємнісний елемент, магнітний струм зміщення повинен протікати через магнітний ємнісний елемент C_m . Продиференціюємо вираз (1) за часом:

$$\frac{dH}{dB} \frac{dB}{dt} \ell = N \frac{di}{dt}, \quad (2)$$

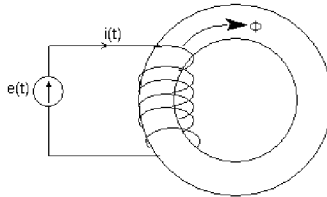


Рисунок 1 - Замкнутий феромагнітний магнітопровід, на якому розташована котушка

Перетворимо вираз (2), використовуючи позначення диференціальної магнітної проникності $\mu^d = dB/dH$:

$$\frac{\ell}{S\mu^d} \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{di}{dt}, \quad (3)$$

де S - площа поперечного перерізу магнітопроводу.

Згідно зі виразу (3) можна записати:

$$\Phi' = \frac{Ni'}{\frac{\ell}{S\mu^d}} = i^\mu \quad (4)$$

Виконаємо формальне перетворення виразу (4), вводячи диференціальну ємність:

$$i^\mu = \Phi' = C_m^d \frac{du_{cm}}{dt}, \quad (5)$$

де C_m^d - диференціальна ємність так званого магнітного конденсатор

Згідно з (4,5)

$$Ni' = \Phi' / C_m^d \quad (6)$$

Тоді МДС и магнітна напруга:

$$Ni = \Phi / C_m^d. \quad (7)$$

Взаємний вплив електричного та магнітного кіл здійснюють за допомогою гіраторів. Гіратор вперше запропонований Теледжезом. Гіратор є елементом кола, який має два порти (рис.2).

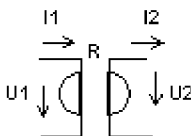


Рисунок 2 - Позначення гіратора на схемі

Струм і напруга на вході і виході гіратора зв'язані співвідношеннями:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R \cdot I_2 \\ U_2 &= R \cdot I_1 \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

де R - коефіцієнт гірації.

Будемо інтерпретувати вираз (7) наступним чином. У схемі заміщення магнітної вітки є магнітний струм, рівний похідній магнітного потоку. У магнітну вітку включений магнітний конденсатор з диференціальною ємністю.

Вплив магнітної вітки на котушку, а також вплив котушки на магнітну вітку враховано включенням гіратора з коефіцієнтом гірації N (рис. 3).

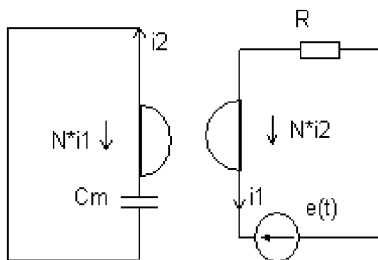


Рисунок 3 - Схема заміщення котушки (рис. 1).

МЕСЗ розглядається, як єдине коло, для якого складаються рівняння за законами Кірхгофа і виконується розрахунок числовими методами [1-3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tellegen, B.D.H. The gyrator a new electric network element [Text]/B.D.H. Tellegen // Philips Res.Rep. –1948. –№ 3.-р. 81-101.
2. Тиховод, С. М. Моделювання перехідних електромагнітних процесів в трансформаторах на основі магнітоелектричних схем заміщення: Підручник [Текст]/ С.М. Тиховод. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 94 с.
3. Тиховод, С. М. Моделирование переходных процессов в электромагнитных устройствах на основе магнитоэлектрических схем замещения с магнитными конденсаторами [Текст] / С.М. Тиховод, И. Токмаков // Електротехніка та електроенергетика . – 2013. – № 1 . – С. 5-12. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/etee_2013_1_3.pdf.