

ГІРАТОРНО-КОНДЕНСАТОРНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ

Паталах Д.Г., магістрант

Подус О.Р., студент

Тиховод С.М., д.т.н.

stikhovod@gmail.com

Національний університет «Запорізька політехніка, м. Запоріжжя»

Актуальність та постановка проблеми. В наш 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.

Основні матеріали дослідження. Гіраторно-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 Solo, 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 витках котушки потече електричний струм $i(t)$ – рисунок 1.

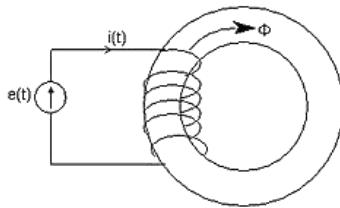


Рисунок 1. Схема підключення замкнутого феромагнітного магнітопроводу з котушкою

Відповідно до закону повного струму можна записати, що

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

У роботах М.А. Шакірова запропоновано використовувати поняття магнітного струму зміщення, а саме, $i'' = d\Phi/dt$, за аналогією 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 . Після диференціювання виразу (1) за часом, отримали вираз

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

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, що

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

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 конденсатору.

Згідно з виразів (4) та (5)

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

Тоді МРС и магнітна напруга будуть пов'язані між собою за виразом

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

Взаємний вплив електричного та магнітного кіл здійснюють за допомогою гіраторів. Гіратор вперше запропонований Теледженом. Гіратор є елементом кола, який має два порти – рисунок 2.

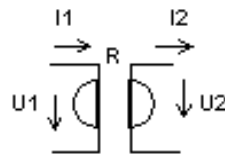


Рисунок 2. Позначення гіратора на схемі

Струм і напруга на вході та 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 диференціальної ємністю. Вплив магнітної вітки на котушку, а також вплив котушки на магнітну вітку враховано включенням гіратора з коефіцієнтом гірації N - рисунок 3.

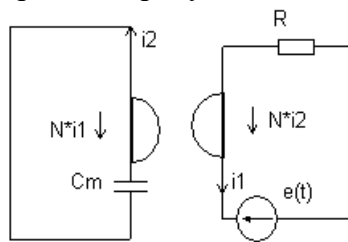


Рисунок 3. Схема заміщення котушки

МЕСЗ розглядається, як єдине коло, для якого складаються рівняння за законами Кірхгофа і виконується розрахунок числовими методами.

Список використаних джерел.

1. В.Д.Н. Tellegen. The gyrator a new electric network element / Tellegen V.D.H. // Philips Res.Rep. 1948. # 3, p. 81-101.

2. Тиховод С. М. Моделювання перехідних електромагнітних процесів в трансформаторах на основі магнітоелектричних схем заміщення: Підручник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. 94 с.

3. Тиховод С. М., Токмаков И. Моделирование переходных процессов в электромагнитных устройствах на основе магнитоэлектрических схем замещения с магнитными конденсаторами. *Електротехніка та електроенергетика*. 2013. № 1. – С. 5-12. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/etee_2013_1_3.pdf