

УДК 621.3.01:519.876.5

Тиховод С.М.¹, Ігуменов П.В.²

¹ д-р. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-119сп НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ДИСКРЕТНИХ СТРУМОВИХ МОДЕЛЕЙ

Для спрощення міркувань припустимо, що в електричному колі є тільки один нелінійний резистивний елемент, а інші елементи – лінійні. Тоді розглянемо лінійну частину кола як активний лінійний двополіусник, навантаженням якого є нелінійний резистивний елемент (рис. 1).

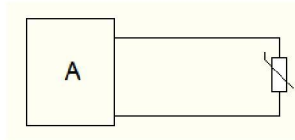


Рисунок 1 – Активний лінійний двополусник з нелінійним елементом.

Згідно з теоремою про еквівалентний генератор активний лінійний двополусник можна замінити еквівалентним генератором напруги (рис. 2а) або струму (рис. 2б).

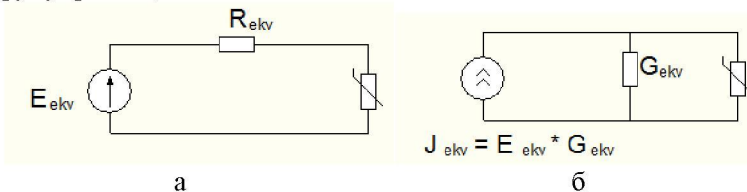


Рисунок 2 - Заміщення лінійного двополусника еквівалентним генератором

Якщо на одному графіку помістити навантажувальну характеристику активного лінійного двополусника і ВАХ нелінійного резистивного елемента (рис. 3), то точка перетину кривих (U_x , I_x), визначає режим роботи електричного кола, тобто струм I_x і напруга U_x на нелінійному опорі, які потрібно визначити.

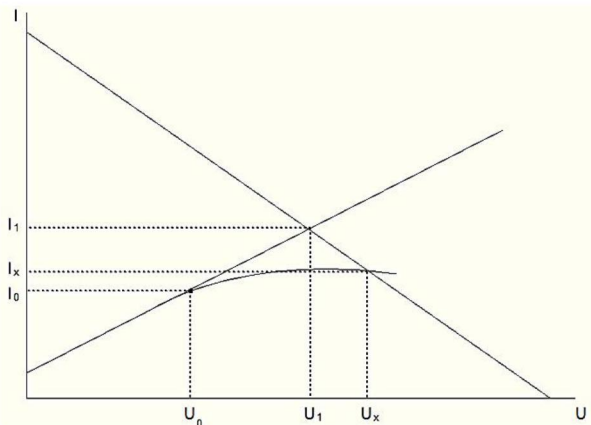


Рисунок 3 – Навантажувальна характеристика активного лінійного двополусника і ВАХ нелінійного резистивного елемента.

Нехай нам відомо якесь наближене рішення U_0, I_0 – нульове наближення. В точці (U_0, I_0) , апроксимуємо ВАХ нелінійного опору прямої, дотичної до цієї точки. Тоді точка (U_1, I_1) , яка є точкою перетину апроксимуючої прямої і навантажувальної прямої, буде розташована ближче до точки (U_x, I_x) , і будемо розглядати її як наступне наближення до істинного рішення. В точці (U_1, I_1) , знову будується дотична до ВАХ, і знову ВАХ апроксимується цієї дотичної і так далі, поки не наблизимося до точки (U_x, I_x) з заданою точністю.

Розглянемо наступну інтерпретацію дотичній до ВАХ. Уявімо, що дотична до ВАХ – це навантажувальна характеристика деякого активного двополосника, який замінимо еквівалентним генератором струму. Тоді активний лінійний двополосник, навантажений на нелінійне опір можна представити схемою заміщення, наведеної на рис. 4.

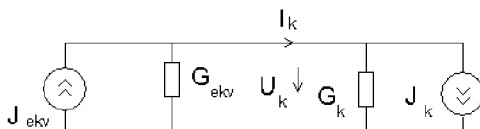


Рисунок 4 – Схема заміщення активного лінійного двополосника, навантаженого на нелінійний резистивний елемент.

Таким чином, нелінійний резистивний елемент замінений еквівалентною струмовою моделлю з елементами G_k і J_k . Визначимо параметри струмової моделі нелінійного резистивного елемента. З геометричних міркувань (рис. 3) можна показати, що

$$G_k = tg(\alpha), J_k = I_k - U_k \cdot G_k, \quad (1)$$

де α – кут нахилу дотичної до кривої в точці ВАХ U_k, I_k .

Таким чином, вирази (1) дозволять визначити параметри струмової моделі нелінійного опору, т. е. G_k і J_k . Провідність G_k дорівнює

$$G_k = tg(\alpha) = \left. \frac{dI}{dU} \right|_{I=I_k}. \quad (2)$$

На кожному кроці ітерації параметри J_k, G_k струмової моделі змінюються. Тому дана струмова модель називається дискретною струмовою моделлю.

Якщо ітераційний процес не сходиться, то пропонується наступний прийом, підвищує збіжність. Значення J_k , G_k на кроці ітерації k обчислюються з використанням значень на попередньому кроці:

$$G_k = \frac{G_k + (p-1)G_{k-1}}{p}; \quad J_k = \frac{J_k + (p-1)J_{k-1}}{p}, \quad (3)$$

де p – параметр, що приймає значення в межах 2-20.

Використовуючи формули (3) можна домогтися збіжності ітераційного процесу, навіть якщо спочатку процес був дивергентним.

Цикли ітерацій повторюються до тих пір, поки всі струми і напруги не досягнуть з заданою точністю своїх постійних значень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тиховод С. М. Усовершенствование итерационных методов решения систем нелинейных уравнений состояния магнитоэлектрических схем замещения/ С.М. Тиховод // Електротехніка та електроенергетика . – 2015. – №1 . – С. 46-49.