

УДК 621.3.01:519.876.5

Тиховод С.М¹, Козлов В.В.²

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

² канд. техн. наук, доц. НУ "Запорізька політехніка"

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ СТРУМОВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НЕЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Нехай 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).

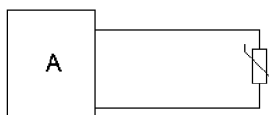


Рисунок 1 – Активний лінійний двополіусник з нелінійним елементом.

Згідно з теоремою про еквівалентний генератор активний лінійний двополіусник можна замінити еквівалентним генератором струму (рис. 2).

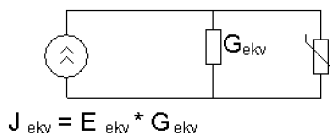


Рисунок 2 - Заміщення лінійного двополіусника еквівалентним генератором

Якщо на одному графіку помістити навантажувальну характеристику активного лінійного двополіусника 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.

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) . 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.

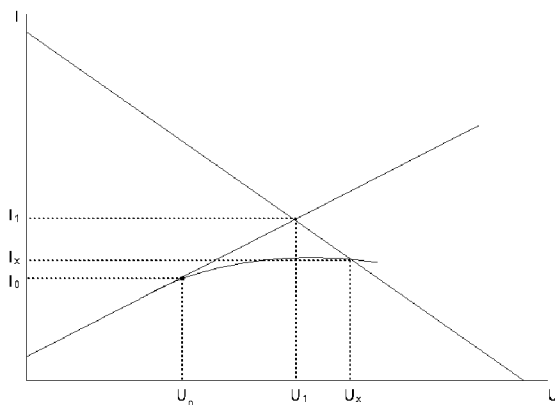


Рисунок 3 – Навантажувальна характеристика активного лінійного двополюсника і ВАХ нелінійного резистивного елемента.

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

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

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

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

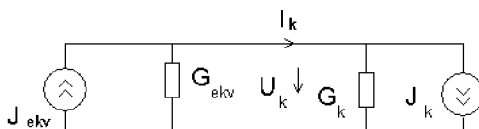


Рисунок 4 – Схема заміщення активного лінійного двополюсника, навантаженого на нелінійний резистивний елемент.

Таким чином, вирази (1) дозволять визначити параметри струмової моделі нелінійного опору, т. є. G_k и 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.