

ОБГРУНТУВАННЯ НАЯВНОСТІ НА ГРАФІКУ ВИХІДНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ СПАДНОЇ ДІЛЯНКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено обґрунтування появи екстремуму на графіку вихідної характеристики вимірювального трансформатора струму і показано, що після досягнення екстремуму ця характеристика має спадний характер, що є причиною того, що одним і тим же значенням струму у його вихідній обмотці відповідають різні значення струму, який вимірюється.

Ключові слова: вимірювальний трансформатор струму, вихідна характеристика, екстремум, обґрунтування, спадна ділянка, неоднозначність вимірів

Abstract

The reason for the appearance of an extremum on the graph of the initial characteristic of the measuring current transformer is shown and that after reaching the extremum, this characteristic has a declining character, which is the reason that the same values of current in its output coil correspond to different values of the current being measured.

Keywords: measuring current transformer, output characteristic, extremum, justification, downstream area, ambiguity of measurements

Вступ

В роботі [1] нами було евристично з посиланням на фізику процесів заявлено про наявність екстремуму та спадної ділянки після нього у вихідній характеристиці вимірювального трансформатора струму, тобто, що ця характеристика має вигляд, зображений на рис. 1

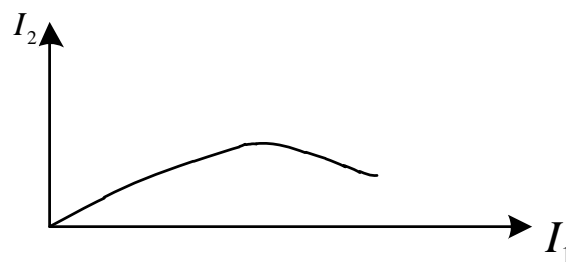


Рис. 1. Орієнтовний графік реальної вихідної статичної характеристики $I_2 = f(I_1)$ вимірювального трансформатора струму

У даній доповіді ми даємо строге математичне обґрунтування цього твердження.

Обґрунтування отриманого результату

Для обґрунтування нами використано дві вихідні передумови – по-перше, той факт, що дійсне значення I_2 струму $i_2(t)$ у вторинній обмотці вимірювального трансформатора струму за період T визначатимемо за допомогою відомого із [2] співвідношення

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (i_2(t))^2 dt}, \quad (1)$$

а по-друге, що графік струму $i_2(t)$ у вторинній обмотці вимірювального трансформатора струму за період T має той же вигляд, що і в роботі [1], але з прив'язкою до періоду, тобто, має вигляд, зображений на рис.2, на якому зображено також графік квадрату $(i_2(t))^2$ цього струму.

Розв'язуючи поставлену задачу, ми довели, що параметр T^* , суть якого є зрозумілою з рис.2, залежить від рівня амплітуди I_{1m} синусоїдального струму, що вимірюється, тобто, що T^* - це функція, яка має вигляд $T^* = f^*(I_{1m})$, і що вихідну характеристику вимірювального трансформатора струму можна представити у вигляді

$$I_2 = \sqrt{\frac{2I_{1m}^2}{k^2 T} \left(\frac{T}{4} - T^* - \frac{\sin 2\omega T^*}{2\omega} \right) - \frac{I_{20}^2}{\alpha T} (e^{-2\alpha T^*} - 1)} = f(I_{1m}, \alpha), \quad (2)$$

де k – коефіцієнт трансформації цього трансформатора при його роботі в діапазоні до границі між ненасиченим та насиченим станами осердя, а

$$\alpha = \frac{r}{L}, \quad (3)$$

де r, L – відповідно активний опір та індуктивність замкнутого кола вихідної обмотки вимірювального трансформатора струму.

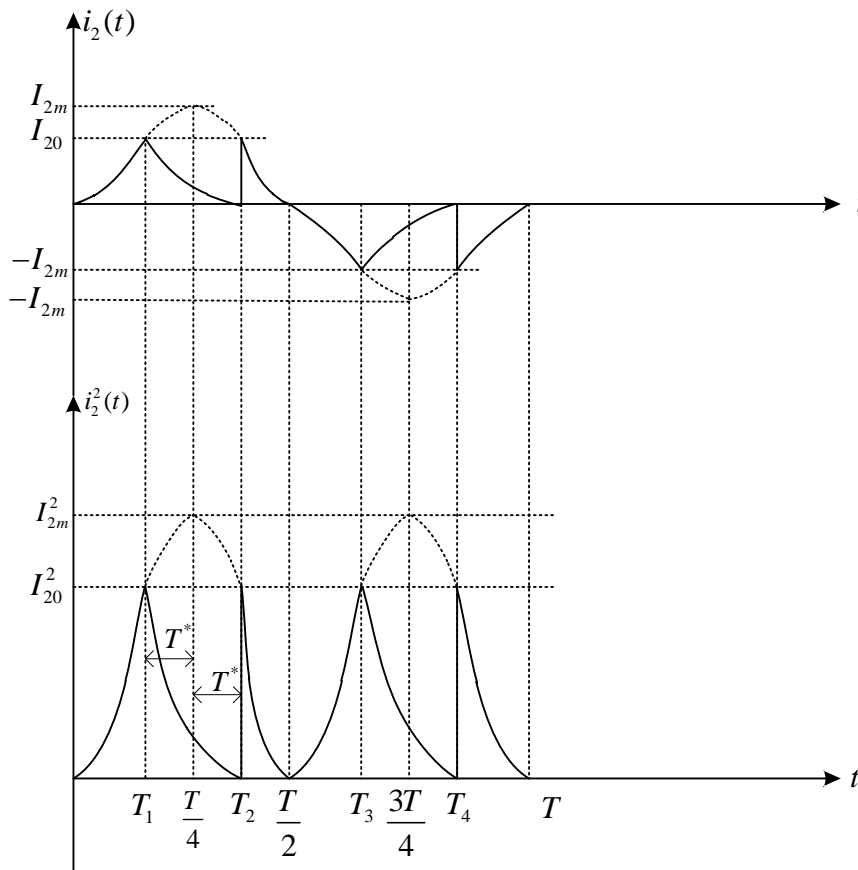


Рис.2. Графік струму $i_2(t)$ та його квадрату $(i_2(t))^2$ за період T

Саме досліджуючи вираз (2) на екстремум, ми і довели, що вихідна характеристика вимірювального трансформатора струму має екстремум і спадну ділянку після нього, тобто, що вона має вигляд, приведений на рис.1.

Висновок

Із-за того, що вихідна характеристика вимірювального трансформатора струму має екстремум у вигляді максимуму, а після досягнення максимуму має спадну ділянку, одним і тим же значенням струму у його вихідній обмотці можуть відповідати різні значення струму у його первинній обмотці, тобто струму, який вимірюється цим трансформатором, що вносить неоднозначність вимірів, яка проявлятиметься при вимірюваннях струмів короткого замикання електричної мережі вимірювальними трансформаторами струму, розрахованими на вимірювання струмів нормального режиму цієї мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін О.Б. Уточнення характеристик процесів у вимірювальних трансформаторах струму та їх математичних моделей./О.Б.Мокін, Б.І.Мокін, Я.В. Хом'юк, О.М.Кривоніс.//Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. - №4.- С.48-57.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи./ Л.А. Бессонов// М.: Высшая школа.- 1978. – 528 с.

Мокін Борис Іванович, доктор технічних наук, професор, академік НАПН України, професор кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки та кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету,

Мокін Олександр Борисович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету,

Хом'юк Яна Вікторівна, аспірантка факультету комп'ютерних систем і автоматики, кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету, e-mail: khomiukyana@gmail.com

Mokin Borys, Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics and Professor of the Department of Renewable Energy and Transport Electrical Systems and Complexes,

Mokin Oleksandr, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Renewable Energy and Transport Electrical Systems and Complexes,

Khomiuk Yana, Post-Graduate Student of the Faculty of Computer Systems and Automation, Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: khomiukyana@gmail.com