

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Ерёмина М.А. Выбор промежуточного трансформатора тока для микропроцессорной системы защиты трансформатора // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2016. – № 08 (сентябрь). – АРТ 66-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

621.313.3.025.3-78

Ерёмина Марина Александровна

студентка 2 курса, факультет «Механико-радиотехнический»

Научный руководитель: Валюкевич Ю.А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты»

г. Шахты, Российская Федерация

e-mail: dtnt@bk.ru

ВЫБОР ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

Аннотация: Рассматривается проблема выбора промежуточного трансформатора тока (ПТТ), способного с заданной точностью передавать токи переходного режима короткого замыкания, для применения в составе входа переменного тока микропроцессорного терминала защиты.

Ключевые слова: релейная защита, трансформатор тока, короткое замыкание, схема замещения.

Eryomina Marina A.

2nd year student, faculty of "Mechanics and Radio Engineering"

Supervisor: Valyukevich Yu, Ph.D., Associate Professor

VPO "ISOiP (branch) DSTU in Shakhty"

Shakhty, Russian Federation

e-mail: dtnt@bk.ru

CHOICE OF INTERMEDIATE CURRENT TRANSFORMERS FOR MICROPROCESSOR SYSTEMS PROTECT TRANSFORMERS

Abstract: The problem of choosing an intermediate current transformer (PTT), which can transmit with a given accuracy current transient short-circuit, for use in the AC input terminal of the microprocessor protection.

Keywords: relay protection, current transformer, short-circuit, equivalent circuit.

Защиты шин работают в условиях частых и больших токов внешних коротких замыканий, которые могут иметь апериодическую составляющую, при которой измерительные трансформатора тока могут сильно насыщаться [1]. Поэтому одной из важных задач является разработка таких входов тока для защиты шин, которые бы передавали переходные токи короткого замыкания (КЗ) без насыщения не зависимо от предельной кратности высоковольтных трансформаторов тока. Это позволит не учитывать повышенные токи небаланса от внутренних промежуточных трансформаторов тока (ПТТ) в переходных режимах. Еще одной из важных задач является определение предельной кратности трансформаторов тока [1]

в таких режимах для их выбора, для чего целесообразно обеспечить упрощенную методику расчета.

Рассматривается проблема выбора промежуточного трансформатора тока (ПТТ), способного с заданной точностью передавать токи переходного режима короткого замыкания, для применения в составе входа переменного тока микропроцессорного терминала защиты. В связи с широким динамическим диапазоном измеряемых токов данный вопрос особенно актуален для защиты шин.

Достаточно просто получить ПТТ с требуемыми полной и угловой погрешностями и предельной кратностью при передаче токов синусоидального режима. Полная и угловая погрешность прежде всего определяются величиной индуктивности ветви намагничивания L_{μ} . Чем меньше L_{μ} , тем больше эти погрешности. При этом при выборе ПТТ для целей релейной защиты определяющей является, прежде всего, угловая погрешность. Верхний предел измеряемых с указанной точностью токов характеризуется предельной кратностью K_{10} , определяемой по известной формуле:

$$K_{10} = \frac{\omega w_2^2 B_S S_M}{w_1 I_{1ном} Z_2},$$

где $\omega = 2\pi f$ - циклическая частота, Гц;

w_1 и w_2 - числа витков первичной и вторичной обмоток;

B_S - индукция насыщения, Вб;

S_M - площадь сечения магнитопровода, м²;

$I_{1ном}$ - номинальный первичный ток, А;

Z_2 - полное сопротивление вторичной цепи, Ом, состоящей из сопротивления обмотки $Z_{2обм}$ и нагрузки $Z_{2нагр}$.

Схема замещения ПТТ показана на рисунке 1. Так для наиболее распространенного ПТТ тороидального типа индуктивным сопротивлением вторичной обмотки можно пренебречь, т.к. оно мало по сравнению с активным. Нагрузка ПТТ является резистивной. Поэтому можно считать, что суммарное сопротивление вторичной цепи имеет активный характер, т.е. $Z_2 \approx R_2 = R_{2обм} + R_{2нагр}$. Индуктивность намагничивания L_μ на рабочем участке определяется по известной формуле:

$$L_\mu = \frac{\mu\mu_0 w_2^2 S_M}{l_M},$$

где μ - относительная магнитная проницаемость;

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м};$$

l_M - длина средней линии магнитопровода, м.

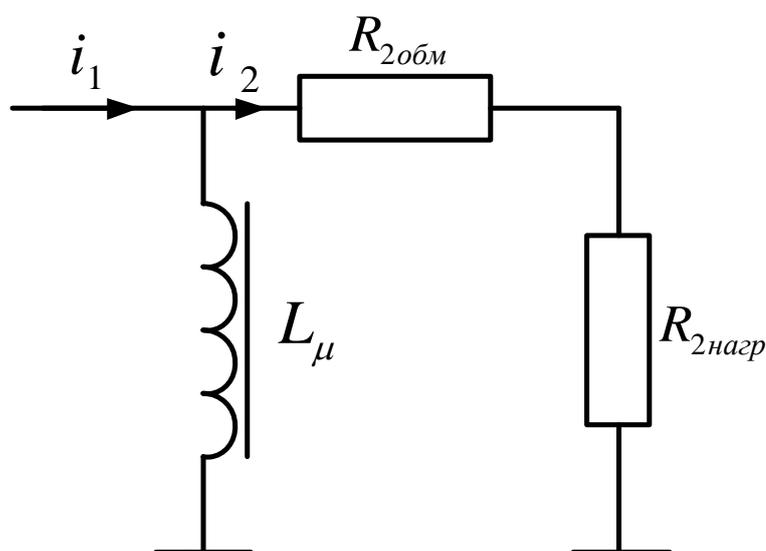


Рисунок 1 - Схема замещения трансформатора тока

В переходных режимах условия передачи полезного сигнала утяжеляются. Оценим способность ТТ передавать основную составляющую тока переходного режима i_1 , содержащего кроме нее еще и экспоненциальную составляющую с заданной постоянной времени τ_1 . В расчетном случае ток i_1 задается с максимальной аperiodической составляющей:

$$i_1 = I_m \left(e^{-t/\tau_1} - \cos \omega t \right). \quad (1)$$

Если принять, что индуктивность ветви намагничивания L_μ бесконечно велика, то, интегрируя выражение (1), получим, что при передаче переходного тока индукция возрастает в $N_{пер}$ раз по сравнению с синусоидальным током. По аналогии с предельной кратностью ТТ K_{10} введем понятие предельной кратности в переходном режиме $K_{10пер}$ характеризующего максимальную способность ТТ передавать основную составляющую переходного режима:

$$K_{10пер} = \frac{K_{10}}{N_{пер}}, \quad (2)$$

$$N_{пер} = \omega \tau_1 + 1.$$

Как видно из формулы (2), для постоянной времени 0,1 сек предельная кратность передачи тока переходного режима уменьшается в 32,4 раза по сравнению с установившимся режимом.

Следует отметить, что формула (2), как и нижеприведенные, получены в предположении, что остаточная индукция в магнитопроводе близка к нулю. Это обеспечивается выбором магнитопровода из аморфных или

нанокристаллических сплавов с низким коэффициентом прямоугольности менее 0,1-0,2 [2,3].

Исследование показало, что для увеличения $K_{10пер}$ целесообразно использовать ПТТ с уменьшенным значением постоянной времени вторичного контура τ_2 , определяемой с учетом принятых допущений как $\tau_2 = \frac{L_\mu}{R_2}$. Варьируя величину τ_2 путем выбора стали магнитопровода с требуемой относительной магнитной проницаемостью μ , можно получить характеристики ПТТ, удовлетворяющие предъявляемым требованиям как по точности измерения синусоидальных токов, так и по условию отсутствия насыщения при наихудшем переходном режиме [2]. Для определения $K_{10пер}$ в данном случае следует использовать уточненные расчетные выражения.

Для вывода выражения $K_{10пер}$ с учетом τ_2 используется относительный ток намагничивания $\frac{i_\mu}{I_M}$, определяемый при подаче тока вида (1) как:

$$i_{\mu^*}(t) = \frac{-1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_2^2}} \sin \omega t + \frac{1}{1 - \tau_2 / \tau_1} e^{-t/\tau_1} + \left(\frac{-1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_2^2}} - \frac{1}{1 - \tau_2 / \tau_1} \right) e^{-t/\tau_2}.$$

Полагая, что $\omega^2 \tau_2^2 \gg 1$, и принимая $K_\tau = \tau_1 / \tau_2$, выражение можно упростить:

$$i_{\mu^*}(t) = \frac{K_\tau}{K_\tau - 1} (e^{-t/\tau_1} - e^{-t/\tau_2}) - \frac{K_\tau}{\omega \tau_1} \sin \omega t. \quad (3)$$

Предельное значение $i_{\mu, \max^*}(t_{\max})$ с достаточной точностью определяется как сумма максимума синусоидальной $I_{\mu, \sin} = K_{\tau} / \omega \tau_1$ и аperiodической частей выражения (3), что приводит к уточненному значению для $N_{\text{пер}}$:

$$N_{\text{пер}} = \frac{I_{\mu, \text{exp}}}{I_{\mu, \sin}} + 1 = \omega \tau_1 \chi_{\text{пер}} + 1,$$

$$t_{\max} = \tau_1 \ln(K_{\tau} \chi_{\text{пер}}),$$

$$\chi_{\text{пер}} = \frac{I_{\mu, \text{exp}}}{K_{\tau}} = \begin{cases} K_{\tau}^{K_{\tau}/(1-K_{\tau})}, & K_{\tau} \neq 1, \\ 1/(eK_{\tau}), & K_{\tau} \rightarrow 1. \end{cases}$$

Таким образом, для оценки передающей способности ТТ в переходном режиме рекомендуется использовать выражение:

$$K_{10\text{пер}} = K_{10} / (\omega \tau_1 \chi_{\text{пер}} + 1).$$

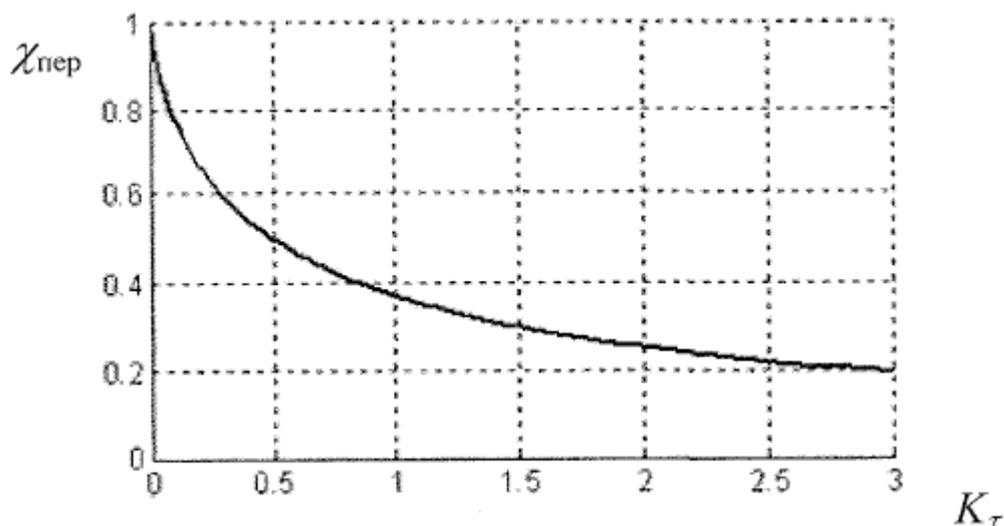


Рисунок 2. Обобщенная кривая

Зависимость $\chi_{\text{пер}}$ от K_x приведена на рисунке 2. Сравнение с экспериментальными данными показало, что данная методика обеспечивает достаточную точность расчета.

Использование данных положений при разработке ПТТ позволило получить входы, способные передавать токи переходного режима с основной составляющей до $40I_{\text{ном}}$ и τ_1 до 0,3 сек. Данные ПТТ были применены в составе микропроцессорного терминала защиты шин серии «Бреслер», а также в терминалах защиты трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов и генераторов.

Список использованной литературы:

1. Королев Е.П. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты / Е.П. Королев, Э.М. Либерзон. - М.: Энергия, 1980.
2. Стародубцев Ю.Н. Нанокристаллические магнитомягкие материалы / Ю.Н. Стародубцев, В.Л. Белозеров // Компоненты и технологии. - 2007. - №4. - С. 144-146.
3. Стародубцев Ю.Н. Аморфные металлические материалы / Ю.Н. Стародубцев, В.Я. Белозеров // Силовая электроника. - 2009. - № 2. - С. 86-89.

Дата поступления в редакцию: 11.09.2016 г.

Опубликовано: 12.09.2016 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2016

© Ерёмина М.А., 2016