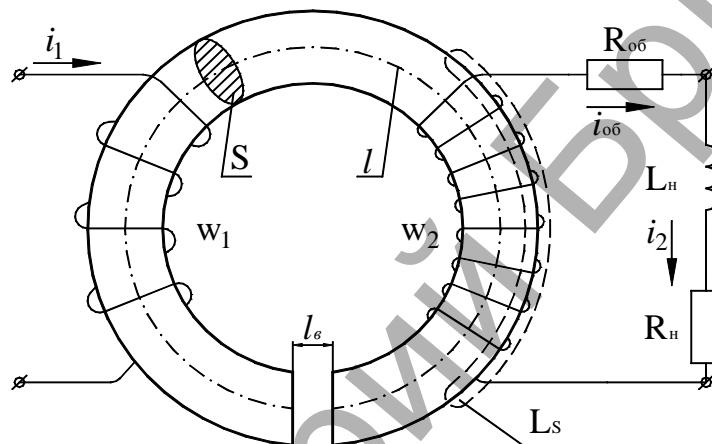


## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДИНОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

Недабой М. А., БНТУ, г. Минск

Электромагнитные трансформаторы тока (ТТ) обычного исполнения широко используются в энергосистемах в качестве преобразователей тока для питания измерительных цепей устройств релейной защиты (РЗ). В зависимости от режима работы ТТ и необходимой точности результата исследования процессов в ТТ и токовых цепях устройств РЗ могут быть выполнены расчетными методами и методами моделирования. К первым относятся: аналитические, графические и графоаналитические методы. Ко вторым – физическое и математическое моделирование. Достоинство метода математического моделирования состоит в том, что он позволяет описать реально существующие физические процессы в ТТ и токовых цепях устройств РЗ.



Исходными данными для математической модели являются конструктивные параметры ТТ: сечение стали сердечника ( $S$ ) и его длина ( $l$ ), марка стали сердечника, наличие в сердечнике немагнитного зазора ( $l_B$ ), количество витков и сопротивления первичной ( $w_1$ ) и вторичной ( $w_2$ ,  $R_{об}$ ) обмоток, параметры вторичной нагрузки ( $R_H$ ,  $L_H$ ) и закон изменения первичного тока.

Математическое описание ТТ [1] включает зависимость первичного тока  $i_1$  от времени  $t$  (1), дифференциальное уравнение равновесия между э.д.с. вторичной обмотки и падениями напряжения в замкнутом контуре вторичной обмотки (2), уравнение м.д.с. в магнитопроводе ТТ (3) и уравнение, аппроксимирующее характеристику намагничивания сердечника (4).

Приведенную модель одиночного ТТ можно использовать в процессе наладки, профилактического контроля и восстановления устройств РЗ посредством испытательной установки реле-томограф; для получения моделей трехфазных групп ТТ, соединенных по различным схемам; оценки погрешности работы ТТ в переходных режимах КЗ; как составную часть комплекса программных средств для выявления короткозамкнутых витков ТТ, посредством снятия его вольтамперной характеристики [2].

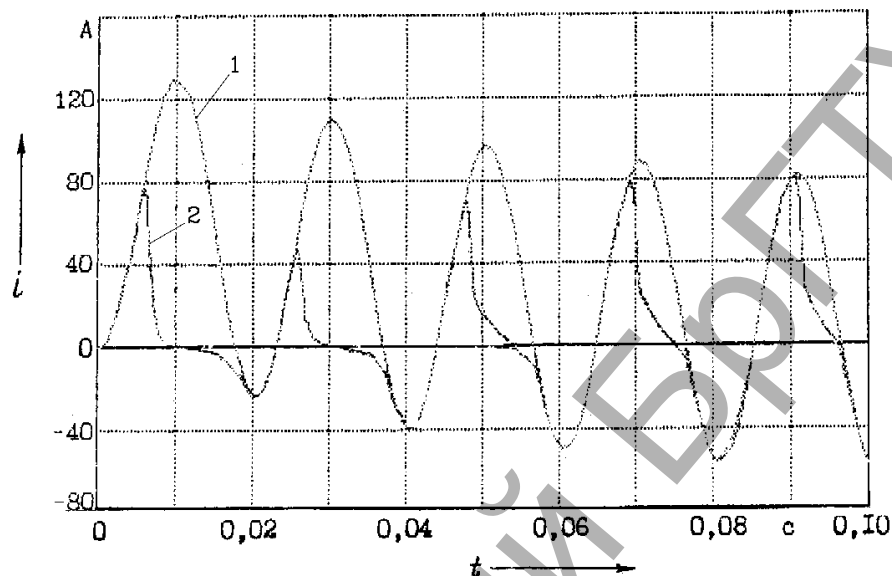
$$i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t + \alpha_1) + I_0 e^{-\frac{t}{T}} + \sqrt{2}I_n \sin(n\omega t + \alpha_n) e^{-\frac{t}{T_n}} \quad (1)$$

$$w_2 S \frac{dB}{dt} = R_{об} i_{об} + L_s \frac{di_{об}}{dt} + R_H i_2 + L_H \frac{di_2}{dt}, \quad i_{об} = i_2 \quad (2)$$

$$w_1 i_1 - w_2 i_{об} = IH + \frac{l_B}{\mu_0} B \quad (3)$$

$$H = f(B) \quad (4)$$

Одним из недостатков рассмотренной модели является наличие в ней индуктивности рассеяния ( $L_s$ ), учитывающей неравномерность намотки обмотки на магнитопровод [3]. Лишь в случае тороидального сердечника эту величину можно считать близкой к нулю. В остальных случаях величину этого параметра определить достаточно трудоемко. Актуальным является вопрос построения математической модели ТТ без использования индуктивности рассеяния.



Результаты расчетов (1 – приведенный первичный ток; 2 – вычисленный вторичный ток: активная нагрузка, сталь Э-310, кусочно-параболическая аппроксимация) в значительной степени зависят от качества аппроксимации характеристики намагничивания стали магнитопровода [4]. Желательно применять приближение, учитывающее гистерезис характеристики намагничивания.

### Литература

1. Сопьяник В. Х. Расчет и анализ переходных и установившихся процессов в трансформаторах тока и токовых цепях устройств релейной защиты. – Мн.: БГУ, 2000. – 143 с.: ил.
2. Власов А. И., Глушенок Е. А., Радюк В. Л., Сопьяник В. Х. Методика снятия и расчета вольт-амперных характеристик намагничивания трансформаторов тока на основе цифровых технологий // Энергетика... (Изв. ВУЗов). – 2003. – №5. – С. 5–10.
3. Зихерман М. Х. Об электромагнитном рассеянии обмоток трансформатора // Электричество. – 1983. – №9. – С. 60–63.
4. Жук Е. М., Сопьяник В. Х. Расчет и анализ на ПЭВМ процессов в трансформаторах тока с учетом их характеристик намагничивания и вторичных нагрузок // Энергетика... (Изв. ВУЗов). – 2001. – №5. – С. 23–29.

## ПРОБЛЕМЫ РЕШЕТОЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВНЕРЕШЕТОЧНОЙ МОДЕЛИ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ

*Разумейчик В.С., Дереченник А.С., БГТУ, Брест*

Одной из важных задач вычислительного материаловедения является адекватное модельное представление структуры многокомпонентных материалов (композитных, дисперсных, поликристаллических и т.п.). Так, например, исследование процессов гидратации цементной смеси (растворения дисперсных компонентов, диффузии вещества в