

Интегрируя полученное значение площади S_l можно определить объем материала, находящийся в барабане. Тогда, зная объемный расход материала Q , можно определить время τ , за которое будет сформирован номинальный объем материала V_m по формуле:

$$\tau = \frac{V_m}{Q(\tau)} = \frac{\int_0^L S_1(x) dx}{Q(\tau)}.$$

Как показывают исследования, при воздействии горизонтальных колебаний на объем материала, находящийся в барабане, коэффициент динамического трения материала стремительно уменьшается. Данное явление приводит к тому, что при вращении барабана объем материала приобретает новую форму. На рис. 3 показано, как изменяется объем материала, находящегося в барабане длиной $L=10$ м, диаметром $D=2,6$ м. при уменьшении коэффициента динамического трения.

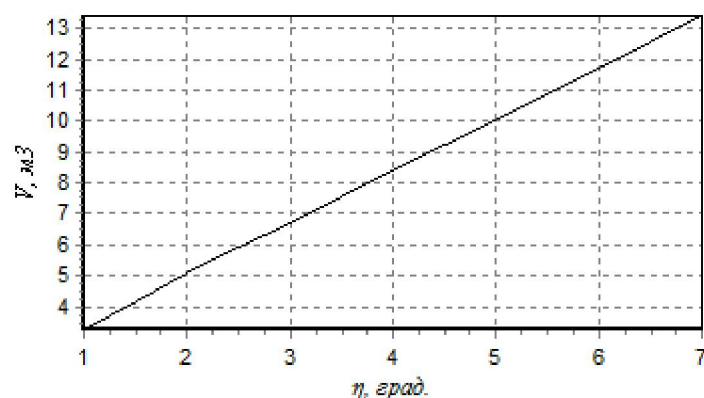


Рисунок 3 – Зависимость объема материала в барабане V от коэффициента динамического трения η

Использование математической модели процесса обработки материала в агрегатах барабанного типа как составной части замкнутых систем автоматизации таких агрегатов полностью оправдано. Внедрение системы такого типа позволит существенно снизить себестоимость готовой продукции благодаря увеличению производительности агрегата и снижению расхода энергетических ресурсов, затрачиваемых на единицу готовой продукции.

Перечень ссылок

1. Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1 / Под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2004. – 688с.

УДК 621.3.083.8

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСРЕАКТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ

Новоселова О.А. , студентка; Проус В.Р., доцент, к.т.н.

(Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Работа традиционных трансформаторов тока (ТТ) с погрешностями, превышающими 10%, для ряда устройств релейной защиты (РЗ) усложняет алгоритмы функционирования полупроводниковых исполнительных органов. С учетом этого ТТ по своему назначению

разделяются на ТТ для измерений и ТТ для РЗ за некоторым исключением, когда эти функции совмещены в одном трансформаторе [1]. В результате увеличена номенклатура выпускаемых промышленностью ТТ.

Измерители тока и устройства РЗ автономных электроэнергетических систем подвижных объектов должны удовлетворять ряду дополнительных требований, например, ограничению по габаритам и массе, что затрудняет возможность применения ТТ. Для таких систем находят применение трансреакторные преобразователи шинного типа с замкнутым магнитодиэлектрическим сердечником (МДТ) на основе порошков карбонильного железа марок Р-10, Р-20, Р-100 [2, 3]. Начальная относительная магнитная проницаемость таких сердечников невелика и лежит в пределах $\mu_n = 8 \div 15$.

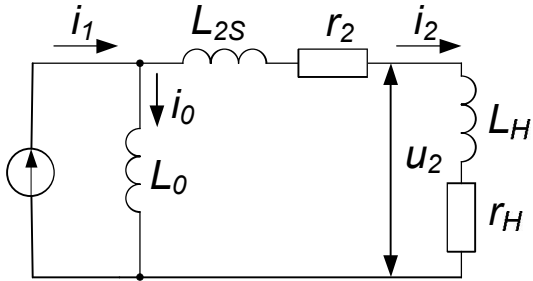


Рисунок 1 – Схема замещения МДТ

Математическая модель МДТ шинного типа определяется схемой замещения (рисунок 1):

$$i_1 = i_0 + i_2, \quad \Psi = f(i_0),$$

$$\frac{d\Psi}{dt} = (L_{2S} + L_H) \frac{di_2}{dt} + (r_2 + r_H) i_2, \quad (1)$$

где i_1, i_0 – приведенные к вторичной обмотке первичный ток и ток намагничивания; i_2 – вторичный ток; Ψ – пото-

ко сцепление; L_{2S}, L_H – индуктивность рассеяния и индуктивность нагрузки; r_2, r_H – активные сопротивления вторичной обмотки и нагрузки соответственно.

МДТ работает в режиме трансреактора с большим активным сопротивлением нагрузки ($r_H > 10$ кОм; $L_H = 0$), его входной величиной является первичный ток i_1 , а выходной – вторичное напряжение u_2 . С учетом этого математическую модель МДТ (1) приведем к виду (2)

$$i_1 = i_0 + \frac{u_2}{r_H}, \quad \Psi = f(i_0), \quad \frac{d\Psi}{dt} = \frac{L_{2S}}{r_H} \frac{du_2}{dt} + \left(1 + \frac{r_2}{r_H}\right) u_2. \quad (2)$$

Относительная погрешность коэффициента преобразования МДТ определяется отклонением действительного коэффициента преобразования k от номинального $k_{п.ном} = U_{2ном}/I_{1ном}$, измеряемом при номинальном первичном токе $I_{1ном}$ и разомкнутой вторичной обмотке, напряжение на которой в этих условиях считается номинальным $U_{2ном}$. Составляющие систематической погрешности коэффициента преобразования k , обусловленные нелинейностью характеристики намагничивания и влиянием индуктивности рассеивания и активного сопротивления вторичной обмотки и ее нагрузки образуют методическую погрешность МДТ. Различают относительные погрешности для действующих $f_{д}$, средних $f_{ср}$, амплитудных $f_{амп}$ значений. Для оценки действующего и максимального значения сигнала небаланса в дифференциальной защите и других измерительных системах, где возможна электрическая связь вторичных обмоток МДТ, целесообразно пользоваться полной погрешностью действующих значений:

$$f_{п} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (m u_{2ном} - u_2)^2 dt}}{m u_{2ном}} 100\%$$

и относительной величиной сигнала небаланса

$$f_{макс} = \frac{\max \{ |u_2 - m u_{2ном}| \}}{m U_{2нно} \sqrt{2}} 100\%.$$

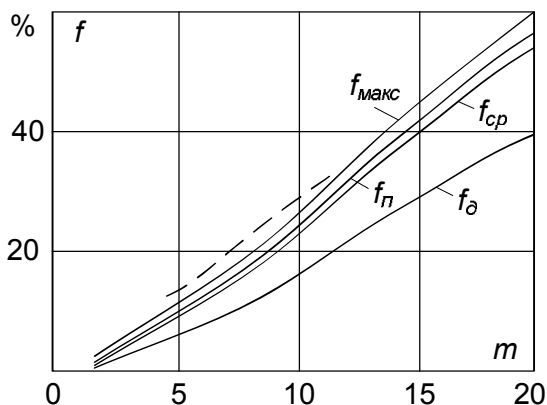
Рассчитаны вышеупомянутые погрешности МДТ в зависимости от кратности периодического первичного тока m при следующих допущениях и начальных условиях: вторичная обмотка равномерно распределена по сердечнику, имеющему тороидальную форму, вследствие чего считаем $L_{2S} = 0$; относительная начальная магнитная проницаемость сердечника

на основе порошка P-10 $\mu_n = 12$; датчик тока не нагружен (на холостом ходу); частота первичного тока номинальная; влияние внешних электромагнитных полей не учитывается; $m \leq 20$. При сделанных допущениях из (2) следует:

$$u_2 = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{w_2 S}{l_0} \frac{d(\mu_1)}{dt}; \quad \mu = f(i_1),$$

где w_2 – число витков вторичной обмотки; S – сечение сердечника; l_0 – средняя магнитная длина. Экспериментальная зависимость $\mu(i_1)$ аппроксимирована для расчетов следующим образом. При $i_1 \leq I_{\text{ном}}$ магнитная проницаемость $\mu = \mu_n$, при $i_1 \geq I_{\text{ном}}$

$$\mu = \frac{1}{a^2 i_1 + b |i_1| + c},$$



где $a = 6,93 \cdot 10^{-6}$, $b = 0,218$, $c = 8,19 \cdot 10^4$. Результаты расчетов представлены графиками на рисунке 2.

Рисунок 2 – Зависимости погрешностей МДТ от кратности первичного тока
Пунктирная кривая – экспериментальная зависимость $f_{\text{макс}}(m)$

Амплитуда выходного напряжения МДТ, являющегося реальным дифференцирующим звеном, соответствует моменту перехода первичного тока через нуль, т.е. области линейного режима, в котором $\mu = \mu_n$. Поэтому погрешность коэффициента амплитудных значений $f_{\text{амп}}$ при любой достижимой кратности установившегося первичного тока равна нулю.

Расчеты показали, что при $m \leq 20$ остальные погрешности коэффициента передачи практически линейно зависят от m . Это позволяет предложить простые выражения для вычисления погрешностей: $f_{\delta} = 1,95m$; $f_{\text{cp}} = 2,6m$; $f_{\text{н}} = 2,75m$; $f_{\text{макс}} = 2,8m$.

При необходимости измерений установившихся токов в широком динамическом диапазоне при удаленном расположении МДТ может быть рекомендована структурная схема измерителя, регистрирующего амплитудные значения (рисунок 3).

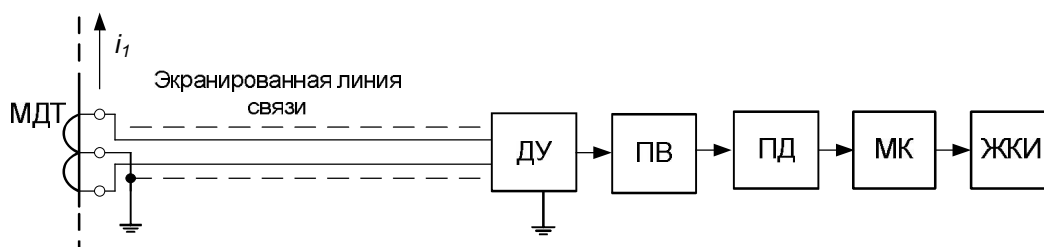


Рисунок 3 – Структурная схема измерителя тока

ДУ – дифференциальный усилитель; ПВ – прецизионный выпрямитель; ПД – пиковый детектор; МК – микроконтроллер с АЦП; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор

Целесообразно вторичную обмотку МДТ выполнять с отводом от средней точки в сочетании с дифференциальным усилителем, включенном на противоположном конце двухпроводной экранированной соединительной линии связи. При этом электромагнитная помеха, наводящаяся на проводах относительно «земли» (экрана), представляет собой синфазное напряжение для дифференциального усилителя и будет им подавляться. Величина дифференциальной помехи зависит от идентичности входных сопротивлений дифференциального усилителя. Это предъявляет соответствующие требования к конструкции МДТ, обеспечивающей невосприимчивость к внешним электромагнитным полям с компенсированными витками вторичной обмотки. При этом вторичная цепь измерителя тока

будет находиться под потенциалом земли, а изоляция между токоведущей шиной и вторичной обмоткой должна быть рассчитана на полное напряжение сети.

Перечень ссылок

1. Афанасьев В.В., Адоньев Н.М., Кибель В.М. и др. Трансформаторы тока. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Михайлов В.В. Магнитоэлектрики в устройствах автоматики и релейной защиты. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Темиров А.П. Разработка и создание элементов интегрированных корабельных электроэнергетических систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2005.

УДК 621.783.2:621.771

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАГРЕВА СЛЯБОВ В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ЦЕХА

Островская М.М., студент; Симкин А.И., к.т.н., доц.

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина)

В настоящее время в толстолистовом цехе комбината им. Ильича функционируют несколько автоматизированных систем управления, в числе которых АСУТП нагрева металла и АСУТП прокатки (в черновой и чистой клетях). АСУТП нагрева металла управляет температурным режимом нагревательных печей. Управление базируется на соответствующих алгоритмах и результатах работы информационной модели оценки теплового состояния слябов в печах [1].

В условиях нагрева заготовок с переменными геометрическими размерами и теплотехническими параметрами при переменном темпе выдачи заготовок, постоянным изменением спектра нагреваемого металла (в т.ч. и по маркам стали) с учетом изменений характеристик печей по ходу их эксплуатации модель оценки теплового состояния слябов нуждается в постоянной настройке и адаптации.

Для настройки модели используют экспериментальные прогонки металла с зачеканенными термопарами [2,3], но эти исследования достаточно сложны в реализации и требуют больших финансовых затрат и поэтому проводятся достаточно редко, не чаще 1 раза в 2 года, а это достаточный период для изменения как технического состояния печей, так и других вышеуказанных факторов.

Целью данного исследования является определение параметров прокатки, которые наиболее точно отображают характер нагрева слябов в печах для выявления обратной связи с моделью и возможности корректировки коэффициентов настройки модели нагрева во время эксплуатации печи.

Для достижения цели авторами было выполнено следующее:

- изучены алгоритмы работы АСУТП участка печей и АСУТП прокатки, определены основные параметры нагрева и прокатки;
- составлен алгоритм и программа, объединяющая базу данных с АСУТП участка печей и участка клетей. Анализу подлежали данные за шесть месяцев работы стана;
- составлен алгоритм и программа обработки общей базы данных, с исключением из нее записей с ошибочными (выходящими за пределы допустимых значений) и неполными данными.

В итоге была получена база данных в несколько сотен тысяч записей.

Для основных параметров нагрева и параметров прокатки была оценена их взаимная корреляция. В результате было выявлено связь между основными расчетными параметрами модели, характеризующими температурное состояние сляба на выдаче из печи (температура поверхности сляба на выходе из печи и среднемассовая температура) и двумя группами параметров: общей прокатки и по проходам в черновой клетке.