

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕМЕЙСТВА ПЕТЕЛЬ ГИСТЕРЕЗИСА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.У. Кизилов
(г. Харьков)

С ростом требований к точности измерения энергетических параметров объектов энергосистем повышаются требования к математическим моделям элементов измерительных устройств и особенно к описанию трансформаторов тока и напряжения, погрешности которых обычно являются определяющими. В связи с этим все чаще свойства ферромагнитного сердечника трансформаторов описываются семейством петель гистерезиса

$$H = F(B, dB/dt, b_1, b_2, \dots, b_k) \quad (1)$$

где H, B - напряженность и индукция магнитного поля в сердечнике, b_1, \dots, b_k коэффициенты, зависящие от максимальной индукции в сердечнике, то есть определяющие конкретную петлю гистерезиса из всего их множества.

Удобно, как предложил Л.Л. Бессонов напряженность магнитного поля представить в виде двух составляющих

$$H(B) = H_1(B) \pm H_2(B) \quad (2)$$

одна из которых $H_1(B)$ определяет обратимые процессы в сердечнике, а вторая $H_2(B)$ - необратимые процессы рассеяния энергии в сердечнике.

Верхний знак соответствует росту индукции, а нижний - ее уменьшению. Показано, что $H_1(B)$ является нечетной, а $H_2(B)$ - четной функцией индукции. Однозначная запись (2) может быть получена использованием знака производной индукций

$$H(B) = H_1(B) + H_2(B) \operatorname{sign} \frac{dB}{dt} \quad (3)$$

или

$$H(B) = H_1(B) + \frac{H_2(B)}{|\frac{dB}{dt}|} \frac{dB}{dt} \quad (4)$$

или

$$H(B) = H_1(B) + f_r(B) \frac{dB}{dt} \quad (5)$$

В (5) отношение четной функции $H_2(B)$ к модулю производной индукции, который также четная функция индукции, обозначено четной функцией индукции $f_r(B)$.

Показано, что принятые простые представления $H_1(B)$, $H_2(B)$ и $f_r(B)$ двумя первыми членами их разложения в ряд Тейлора неприемлемы для современных ферромагнитных материалов с высоким коэффициентом прямоугольности. Имеются проблемы и при такой аппроксимации петель гистерезиса ферритов с низким значением коэффициента прямоугольности.

Более сложные аппроксимации нелинейных функций $H_1(B)$, $H_2(B)$ и $f_1(B)$ и не позволяют получить простые аналитические выражения для индукции в сердечнике и для выходных величин трансформаторов тока и напряжения. Проанализированы возможности различных описаний семейства петель гистерезиса используемых ферромагнитных материалов.

УСТРОЙСТВА ВВОДА НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА В МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ РЗА

В.У. Кизилов, А.П. Лазуренко
(г. Харьков)

Известно большое число технических решений при построении устройств ввода напряжения и тока в современные микроэлектронные измерительные преобразователи энергетических параметров, счетчики электроэнергии и другие средства измерения. В большинстве случаев эти устройства реализуются на основе трансформаторов тока с электронной компенсацией погрешности и обладают высокой статической точностью, малыми габаритами, потребляемой мощностью и стоимостью. Однако, они имеют низкую динамическую точность в следствие наличия обратных связей и ограниченный допустимый диапазон изменения входных сигналов. Это делает их непригодными для применения в устройствах релейной защиты и автоматики, где правильная передача формы сигналов в аварийных режимах является определяющей при принятии решений.

На кафедре электрических станций ХГПУ были разработаны и внедрены специализированные устройства ввода для микропроцессорной унифицированной системы релейной защиты и автоматики энергообъектов НПО "Хартрон" (г. Харьков), которые обладают высокой статической и динамической точностью при отсутствии апериодической составляющей. В устройстве ввода тока для повышения точности был использован принцип двухканальности академика Б.Н. Петрова. Устройство выполнено на двух трансформаторах тока (ТТ) с ферритовыми сердечниками МН2000 ОЛ 45x28x12, трех операционных усилителях и имеет следующие основные технические характеристики:

- номинальный первичный ток $I_{1Н}=5$ А или 1 А;
- амплитуда напряжения на первом выходе устройства достигает 2,5 В при первичном токе 1,5 $I_{1Н}(7,5$ А);
- амплитуда напряжения на втором выходе устройства достигает 2,5 В при первичном токе 30 $I_{1Н}(150$ А);
- приведенная полная векторная погрешность в диапазоне изменения тока от 0 до 30 $I_{1Н}$ не превышает 0,05%;
- диапазон изменения частоты сигнала 45-55 Гц.