

УДК 621.317.1

М.Ю. Ланкина, магистрант 1 курса

О.Д. Клименко, студент 4 курса

(«Южно-Российский государственный политехнический университет»
(НПИ) имени М.И.Платова, г. Новочеркасск, Россия.)

M.Y. Lankina, 1 undergraduate course

O.D. Klimenko, 4th year student

("South-Russian State Technical University" (NPI) name M.I.Platova,
Novocherkassk, Russia.)

АППРОКСИМАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТА

APPROXIMATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE PROPORTIONAL SOLENOID

Тренд на миниатюризацию и снижение материалоемкости современных электромагнитов, предъявляет повышенные требования к их качеству [1]. Каждая группа регламентируемых ГОСТ характеристик требует применения своих методов и средств испытания пропорциональных электромагнитов. Данная ситуация стимулирует поиск интегральных характеристик электромагнитов, позволяющих сделать выводы о качестве его отдельных частей и эксплуатационных свойствах всего изделия. Зная динамическую характеристику намагничивания электромагнита (ДХН) (рисунок 1) можно определить тяговые, временные и энергетические характеристики, следовательно, ее можно использовать в качестве интегральной характеристики пропорционального электромагнита [2].

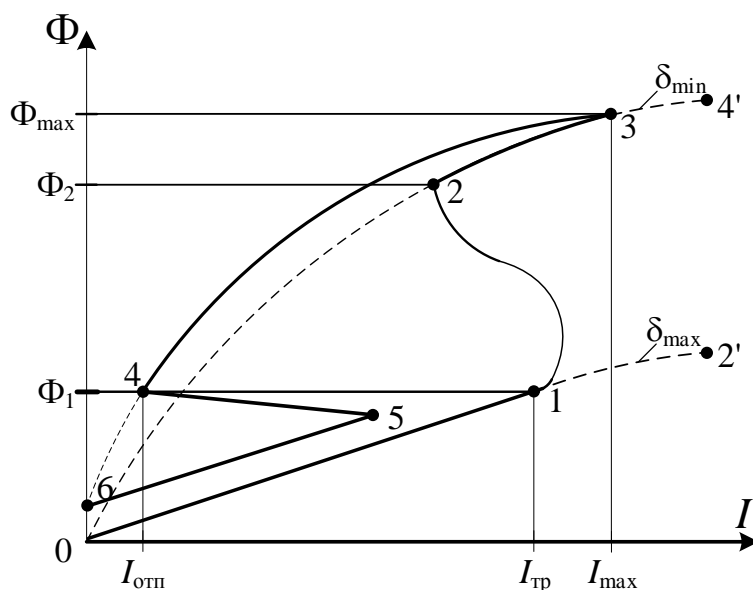


Рис. 1. Динамическая характеристика намагничивания электромагнита

Применение ДХН в виде массива пар точек (магнитный поток, ток) для дальнейшей обработки затруднительно, т.к. использование большого объема данных (одна ДХН, измеренная с погрешностью не более $\pm 3\%$, содержит порядка 15000 пар точек) предъявляет высокие требования к производительности средств обработки и увеличивает время проведения операции технологического контроля. В связи с этим целесообразно применить аппроксимацию этой характеристики. Для наглядности далее будем использовать только восходящую ветвь ДХН 0-1, 1-2, 2-3 рисунка 1 в координатах $i(\Phi)$.

Метод аппроксимации степенным полиномом заключается в замене всей ДХН выражением вида:

$$i(\Phi) = \sum_1^m k_q \Phi^q . \quad (1)$$

Проведен эксперимент по определению количества параметров аппроксимирующих выражений, описывающих ДХН, при этом принималось, что максимальная погрешность аппроксимации ДХН не должна превышать $\pm 5\%$.

При аппроксимации ДХН степенным полиномом вида (1) с погрешностью $\pm 5\%$ необходим полином шестой степени:

$$y = k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3 + k_4 x^4 + k_5 x^5 + k_6 x^6 .$$

На рисунке 2 показана ДХН кондиционного электромагнита, аппроксимированная степенным полиномом шестой степени.

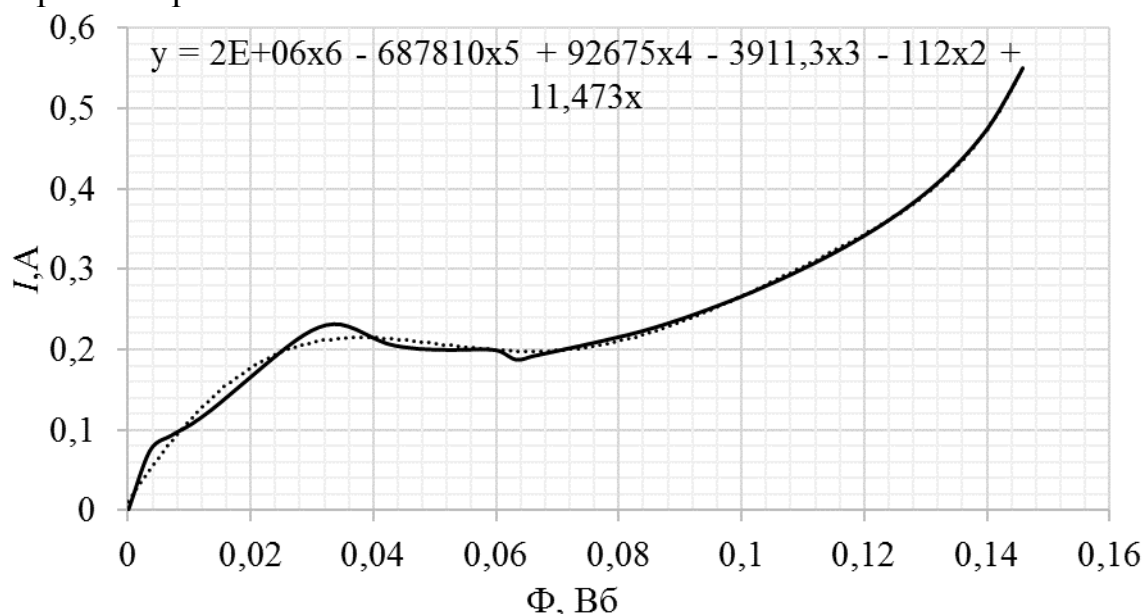


Рис. 2. Аппроксимация ДХН степенным полиномом шестой степени

Для описания восходящей ветви ДХН с погрешностью не более $\pm 5\%$ степенным полиномом требуется шесть параметров аппроксимации, что значительно сокращает объем измерительной информации.

Однако стоит учесть тот факт, что применение полиномиальной аппроксимации ДХН при погрешности $\pm 5\%$ сглаживает характеристику приводя к смещению точек переключения 1 и 2 рисунка 1. Для определения влияния замены ДХН степенным полиномом, был проведен эксперимент по преобразованию характеристик с различными технологическими отклонениями в пространство главных компонент [3], позволяющее уменьшить размерность исходной информации ДХН при сохранении всех латентных свойств.

Для сравнения ДХН в виде ряда точек (магнитный поток, ток) и полиномиальной аппроксимации были отобраны ДХН для кондиционных пропорциональных электромагнитов и группы электромагнитов с различными дефектами (таблица 1).

Таблица 1. Вид исследуемых ДХН

Номер ДХН	Вид дефекта
1-3	Кондиционные изделия
4-6	Неполное срабатывание
7-9	Залипание якоря в сработавшем положении

Для семнадцати ДХН в виде ряда точек соответствующих им семнадцати характеристик в виде полиномиальной аппроксимации были определены первые две главные компоненты (ГК), описывающие 95% общей дисперсии (таблица 2).

Таблица 2. Полученные значения главных компонент

Вид характеристик	ДХН в виде ряда точек		Полиномиальная аппроксимация ДХН	
	1 ГК	2 ГК	1 ГК	2 ГК
Номер характеристики				
ДХН 1	-0,916444	0,364365	-0,917983	0,363898
ДХН 2	-0,894977	0,434911	-0,897745	0,430614
ДХН 3	-0,885020	0,457401	-0,889064	0,450967
ДХН 4	-0,920011	-0,270093	-0,920925	-0,263700
ДХН 5	-0,920763	-0,268712	-0,921801	-0,262248
ДХН 6	-0,918122	-0,275566	-0,918854	-0,269237
ДХН 7	-0,929179	-0,139655	-0,929104	-0,143806
ДХН 8	-0,917016	-0,126707	-0,916804	-0,131972
ДХН 9	-0,927002	-0,143576	-0,927061	-0,145613

Из таблицы 2 видно, что имеются незначительные отклонения численных значений ДХН в пределах $\pm 5\%$, что допустимо для магнитных

измерений. Построим полученные значения в пространстве первых двух ГК (рисунок 3).

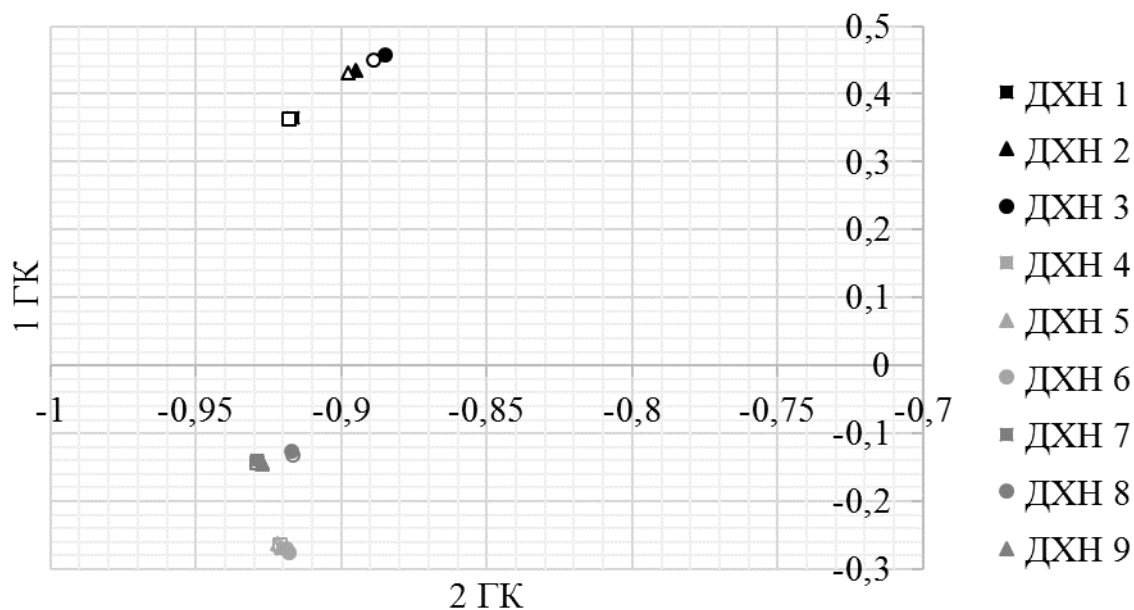


Рис. 3. Значения исследуемых ДХН в пространстве первых двух ГК

Таким образом, применение ДХН электромагнита, заданной в виде степенного полинома позволяет сократить объем измерительных данных без потери значимой информации.

Список литературы:

1. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод диагностики электротехнических систем // Национальная ассоциация ученых : ежемесячный науч. журн.. - 2015. - № 4 (9), ч. 2. - С. 132-136
2. Gorbatenko N. I., Lankin A. M., Lankin M. V., Shayhutdinov D. V. Determination Of Weber-Ampere Characteristic For Electrical Devices Based On The Solution Of Harmonic Balance Inverse Problem // International Journal of Applied Engineering Research. Volume 10, Number 3 (2015) pp. 6509-6519; Research India Publications.
3. Ланкин А.М., Бакланов А.Н. Діагностика порушень електромагнітних приводів із застосуванням методу головних компонент // Майбутній науковець – 2015 матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції 4 грудня 2015 року м. Сєвєродонецьк / Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2015 С. 116-119.