

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОЗИЦИИ НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ЛИНЕЙНОГО ДАТЧИКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО - ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

Симон Д.А.

Научный руководитель: Муравлев О.П., д.т.н., профессор
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: simo_da@mail.ru

В последние годы индукционные бесконтактные датчики типа ЛДТ (за рубежом LVDT) – линейные дифференциальные трансформаторы используются все чаще вследствие простоты, высокой точности, удобства монтажа и сравнительно небольших габаритов. Условия применения вызывают существенные отличия в их конструкции и схеме построения.

Наиболее сложным звеном датчиков типа ЛДТ (или LVDT) является катушка, содержащая обмотки первичных и вторичных цепей. Простота конструктивного исполнения других узлов и деталей, в основном изготавливаемых из металлов, их небольшое общее число, свободное поступательное перемещение подвижной части (сердечника) дают основание считать безотказность обмоток определяющей в надежной работе датчика.

Целью данной работы является исследование влияния транспозиции обмоток датчика типа ЛДТ на рабочий ход ± 5 мм с дублированием обмоток на выходные характеристики.

Транспозицией для данных типов датчиков, принято считать изменение расположения всех проводов в ряде мест, равномерно распределенных в осевом направлении обмотки, при числе мест не меньше числа параллельных проводов. Другими словами транспозиция уменьшает влияние разности между положением витков на выходные характеристики.

Принципиальная электрическая схема датчика типа ЛДТ с дублированными обмотками приведена на рис. 1.

Рис. 1. Принципиальная электрическая схема

Назначение		Катушка датчика типа ЛДТ-510Д	
Схема обмотки			
Схема расположения обмоток, секций, ступеней			
Данные обмоток			
Обмотки секции		I	II, III
Данные по ступеням обмоток II, III	Ступень	Длина ступени	Количество рядов в ступени
	L	34 \pm 0,1	-
	L1	16,5 \pm 0,05	2
	L2	13,5 \pm 0,05	1

Сведения обмотки с учетом транспозиции:

1. Последовательность намотки обмоток: II, III, I.
2. Все обмотки мотать виток к витку двойным проводом. Направление намотки у всех обмоток одинаковое.
3. Обмотки II, III мотать с транспозицией через 1 ряд:

- один ряд ступени L2 к средней щечки каркаса;
- один ряд ступени L1 от средней щечки до края каркаса.

Оставшиеся витки распределить по всей длине третьего ряда ступени L1 в соответствии с табл. 2. Нарушение рядов около средней щечки и ступенной каркаса на длине не более 0,5 мм заполнить витками последнего ряда каждой ступени.

4. Обмотку I мотать от щечки до щечки 3 ряда с транспозицией через 1 ряд, оставшиеся витки распределить в 4 ряду в соответствии с табл. 1. Нарушение рядов около щечек на длине не более 0,5 мм заполнить витками последнего ряда. Исходя из этих сведений, составляем табл. 1 и 2 шагов распределения и числа витков обмотки.

Таблица 1. Шаг распределения и число витков обмотки I.

Число витков в полных 3 рядах ступени L1 обмотки I	Шаг распределения витков последнего ряда обмотки I, мм
399 - 401	0,259 - 0,263
402 - 404	0,266 - 0,270
405 - 407	0,272 - 0,276
408 - 410	0,279 - 0,283
411 - 413	0,286 - 0,290
414 - 416	0,293 - 0,298
417 - 419	0,301 - 0,306
420 - 422	0,309 - 0,315
423 - 425	0,317 - 0,324
426 - 428	0,327 - 0,333
429 - 431	0,337 - 0,343
432 - 434	0,347 - 0,354
436 - 438	0,361 - 0,369
439 - 441	0,374 - 0,382
443 - 445	0,391 - 0,400
450 - 452	0,425 - 0,436

Таблица 2. Шаг распределения и число витков обмотки II и III.

Число витков в полных 2 рядах ступеней L1 + L2 обмоток II и III	Шаг распределения витков последнего ряда обмоток II и III, мм
136-137	0,100-0,103
138-139	0,104-0,106
140-141	0,107-0,108
142-143	0,110-0,111
143-144	0,113-0,115
145-146	0,116-0,118
147-148	0,119-0,121

149-150	0,123-0,125
151-152	0,127-0,129
153-154	0,131-0,133
155-156	0,135-0,137
157-158	0,140-0,142
159-160	0,145-0,147

Далее проводим экспериментальные снятия параметров датчика, которые записываем в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Параметры первого канала датчика.

X1	Вых.х.	K, мм ⁻¹	n, %	U1, В	U2, В
-5,0	0,267814	0,053563	0,220	0,8128	1,4074
-4,0	0,214047	0,053512	0,138	0,8807	1,3604
-3,0	0,160556	0,053519	0,107	0,9479	1,3105
-2,0	0,107286	0,053643	0,118	1,0139	1,2576
-1,0	0,053823	0,053823	0,093	1,0785	1,2012
1,0	0,053351	0,053351	0,004	1,2024	1,0806
2,0	0,107223	0,053611	0,106	1,2593	1,0154
3,0	0,158954	0,052985	-0,193	1,3124	0,9524
4,0	0,211814	0,052953	-0,281	1,3622	0,8860
5,0	0,264982	0,052996	-0,311	1,4090	0,8187

Таблица 4. Параметры второго канала датчика.

X2	Вых.х	K, мм ⁻¹	n, %	U1, В	U2, В
-5,0	0,268224	0,053645	0,306	0,8111	1,4057
-4,0	0,214334	0,053583	0,199	0,8792	1,3589
-3,0	0,160839	0,053613	0,166	0,9467	1,3096
-2,0	0,107391	0,053696	0,141	1,0132	1,2570
-1,0	0,053781	0,053781	0,087	1,0785	1,2011
1,0	0,053600	0,053600	0,053	1,2030	1,0806
2,0	0,106321	0,053161	-0,059	1,2601	1,0179
3,0	0,158940	0,052980	-0,191	1,3136	0,9533
4,0	0,211553	0,052888	-0,323	1,3633	0,8872
5,0	0,264574	0,052915	-0,379	1,4100	0,8200

На рис. 2 приведена выходная характеристика и зависимости напряжения на вторичных обмотках образца от перемещения сердечника.

$$\gamma_1 = \frac{U_{1(1)} - U_{2(1)}}{U_{1(1)} + U_{2(1)}}, \quad \gamma_2 = \frac{U_{1(2)} - U_{2(2)}}{U_{1(2)} + U_{2(2)}}$$

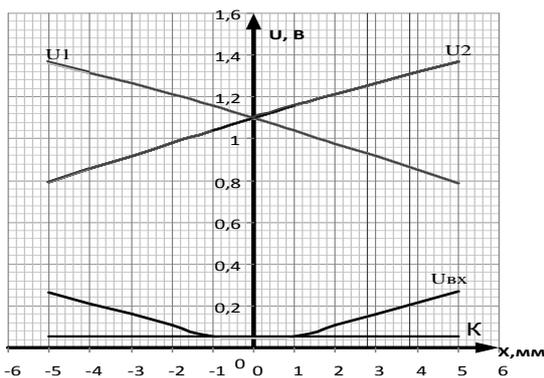


Рис. 2. Выходная характеристика и зависимости напряжения на вторичных обмотках образца от перемещения сердечника.

Практические значения нелинейности, полученные на образце, приведены на рис. 3.

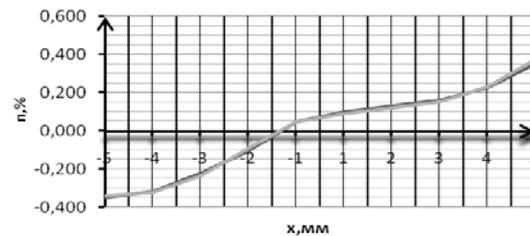


Рис. 3. Нелинейность выходной характеристики.

Нелинейности выходной характеристики, %, определялась по формуле:

$$n = \frac{\left(\frac{\gamma_i}{K}\right)^{-x_i}}{x_{\max}};$$

где γ_i – текущее значение выходной характеристики;

K – крутизна выходной характеристики, мм⁻¹;
 x_i – текущее значение перемещения подвижной части, мм;

x_{\max} – максимальное перемещение подвижной части.

Крутизна выходной характеристики определялась по формуле:

$$K = \frac{\sum \gamma_{li}}{\sum x_i}$$

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы об использовании транспозиции в датчиках типа ЛДТ:

1. Предлагаемый вариант намотки с использованием транспозиции позволяет существенно снизить расхождение геометрических нулей, что непосредственно влияет на выходную характеристику датчика. У данного образца геометрические нули составили 1,142В, что привело к низкому расхождению нулей равному 0,002мм (max 0,038мм).
2. Нелинейность датчика также изменилась и стала вдвое меньше, чем была до применения транспозиции. Среднее значение нелинейности исходя из экспериментальных данных составило 0,22% (max 0,42%)

Литература

1. Малогабаритный двухканальный датчик типа ЛДТ. / Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Новиков М.И. // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. тр. XVIII науч.-техн. конф. НПЦ "Полус". Томск, 2011. С. 341 – 347.

2. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филиппов В.И. Двухканальные датчики типа ЛДТ на одном магнитопроводе. // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука, 2007. С.305–311.

3. Иоффе А. Б. Тяговые электрические машины. // Госэнергоиздат: М. Л., 1957. С.89-105.