

ДВУХКАНАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ ТИПА ЛДТ НА ОДНОМ МАГНИТОПРОВОДЕ

Абрамовская А.В.

Научный руководитель: Богданов Е.П., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: abramovsk-anna@yandex.ru

Известные конструкции датчиков линейного перемещения дифференциально-трансформаторного типа (ЛДТ, LVDT), обладающие высокой надежностью и точностью измерения, имеют существенный недостаток: габариты, которые заметно увеличивают размеры приводов, в которых используются. Предлагаемые варианты схемно-конструктивного исполнения с дублированием обмоток позволяет практически вдвое уменьшить длину дифференциально-трансформаторных датчиков [1].

При проведении работ по миниатюризации и повышению точности измерения датчиков типа ЛДТ с дублированием обмоток изготовлен образец с рабочим ходом штока ± 15 мм (рис. 1). По результатам экспериментальных исследований длина сердечника образца выбрана равной длине рабочей катушки. При перемещении от электрической нейтрали сердечник выходит за пределы обмоток, т.е. используются торцевые поля выпучивания между ним и внешним неподвижным магнитопроводом. Удлинение сердечника и использование всей зоны его перемещения позволило уменьшить до минимума количество слоев в измерительных обмотках первичной и вторичной цепей (до четырех и двух соответственно). Это обеспечило технологически простую равномерно распределенную намотку.

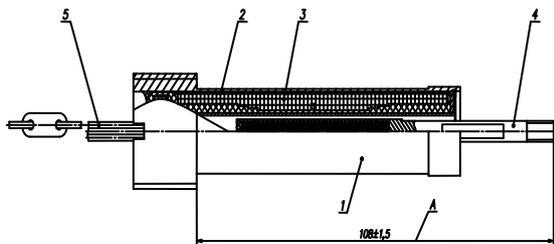


Рис. 1. Общий вид датчика:

- 1 – корпус; 2 – магнитопровод;
3 – катушка; 4 – подвижная часть датчика; 5 – выводы.

Минимальное количество витков дало возможность применить обмоточный провод с повышенным удельным активным сопротивлением и обеспечить заданные точностные параметры одного из каналов образца при коротком замыкании сопротивления нагрузки в другом канале. Кроме того, выбранное соотношение между значениями длины сердечника и катушки позволило получить при напряжении питания 6 В частотой 2000 Гц в

первичной цепи ток менее 20 мА, который требуется для использования микросхемы, обрабатывающей выходные сигналы датчика.

Одно из основных требований, предъявляемых датчику – уровень выходного сигнала, который определяется самой схемой его обработки, и от которого в значительной степени зависят габаритные размеры датчика. С целью вывода основных аналитических соотношений составим схему замещения датчика (рис. 2). Схема учитывает только одну обмотку возбуждения. Такое решение не оказывает определяющего влияния на погрешность расчета параметров датчика, но упрощает задачу вывода соотношений.

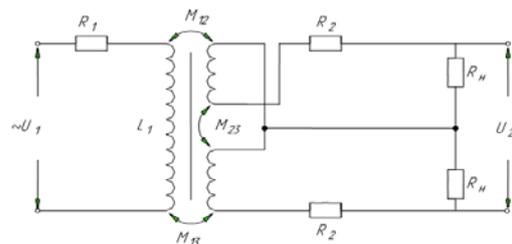


Рис. 2. Схема замещения одного канала датчика

Составив уравнения Кирхгофа аналогично известным из литературы [2], выведены аналитические соотношения для выходных напряжений обмоток датчика.

Для секции с индуктивностью L_2 напряжение на сопротивлении нагрузки R_H определяется по формуле:

$$\dot{U}_2 = \frac{j\omega M_{12} \dot{U}_1 R_H}{\left[\dot{Z}_1 (\dot{Z}_2 + R_H) + \omega^2 M_{12}^2 - \frac{\omega^2 M_{13}^2 (\dot{Z}_2 + R_H)}{\dot{Z}_3 + R_H} \right]}$$

где \dot{Z}_1 – комплексное сопротивление первичной обмотки, \dot{Z}_2 , \dot{Z}_3 – комплексные сопротивления секций измерительной обмотки с учетом взаимной индуктивности M_{23} .

Подобное выражение получено для выходного напряжения секции с индуктивностью L_3 .

Вышеуказанные соотношения позволяют оценить при электромагнитном расчете датчика его минимальное и максимальное значения выходного напряжения в пределах рабочего хода.

По выходной характеристике γ и зависимостям напряжений U_2 и U_3 в секциях измерительной обмотки от перемещения сердечника для одного

канала образца, полученным экспериментальным путем (рис. 3), определены значения нелинейности n в зависимости от перемещения сердечника от исходного (нулевого) положения x (рис. 4).

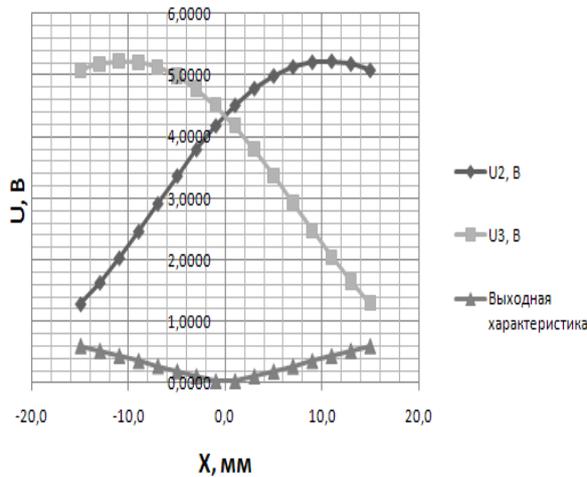


Рис. 3. Выходная характеристика и зависимость напряжений U_2 и U_3 в секциях измерительной обмотки от перемещения сердечника

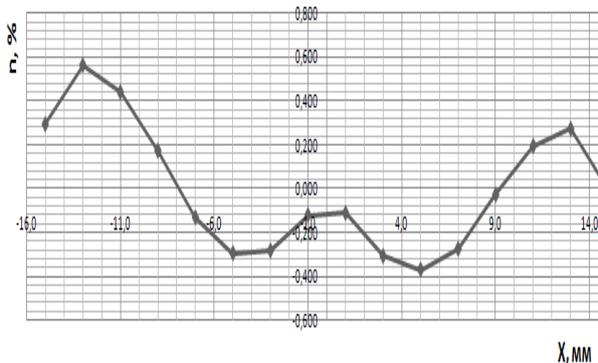


Рис. 4. Зависимость нелинейности от перемещения штока

Датчик выполнен по инвариантной схеме [1], при которой текущие значения выходной характеристики определяются:

$$\gamma = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

где U_2 , U_1 – текущие значения выходного напряжения измерительных обмоток, В.

Нелинейность выходной характеристики, % определялась по формуле:

$$n = \frac{\left(\frac{\gamma_i}{K_{cp}} - x_i\right)}{30} \cdot 100\%$$

где γ_i – текущее значение отношения разности к сумме выходных напряжений измерительных обмоток;

K_{cp} – средняя крутизна выходной характеристики, 1/мм;

x_i – текущее значение перемещения подвижной части, мм;

30 – рабочий ход подвижной части в обе стороны от нулевого положения, мм.

Крутизна выходной характеристики определялась по формуле:

$$K = \frac{\gamma_i}{x_i}$$

Предлагаемый вариант схемно-конструктивного исполнения дифференциально-трансформаторного датчика типа ЛДТ на рабочий ход ± 15 мм с дублированием обмоток и инвариантной схемой представления выходной характеристики при длине сердечника 47 мм позволил получить:

- диаметр корпуса не более 17 мм, что дает возможность размещения датчика внутри штока приводного механизма диаметром не более 20 мм;
- массу датчика не более 45 г;
- максимальное выходное напряжение 4,3 В;
- нелинейность выходной характеристики менее $\pm 0,6$ %;
- работоспособность по одному из выходов датчика при одной возможной неисправности типа «обрыв» или «короткое замыкание» в другом выходе за счет выполнения измерительных обмоток с активным сопротивлением, сравнимым с сопротивлением нагрузки.

Рассматриваемый датчик, построенный на инвариантной схеме, при которой выходной характеристикой является отношение разности напряжений выходных полуобмоток к опорному сигналу, за который может быть принята их сумма, или к сигналу специальной опорной обмотки. Это обеспечивает почти полное исключение эксплуатационной составляющей погрешности измерения: от колебания напряжения питания, частоты, температуры, давления и т.п.

Список литературы:

1. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филлипов В.И., Колокольцов В.Н., Исаев А.А. / Компенсация погрешностей индукционных бесконтактных датчиков положения // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. Трудов. Конф. НПЦ «Полюс». Томск: 2001.
2. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филиппов В.И. / Двухканальные датчики типа ЛДТ на одном магнитопроводе. // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. нач. трудов. Новосибирск: Наука, 2007.