

**СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСТРОВЫХ
ВЗАМОИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**© 2009 В.А. Зеленский¹, А.А. Трофимов²¹ Самарский государственный аэрокосмический университет² Пензенский государственный университет

Поступила в редакцию 22.10.2008

Сформулированы требования к датчикам перемещений, предназначенным для работы в жестких условиях эксплуатации. Данным требованиям в наибольшей степени удовлетворяют взаимоиндуктивные датчики. Предложен ряд конструктивных решений, повышающих надежность, помехозащищенность и метрологические характеристики датчиков.

Ключевые слова: датчик перемещений, жесткие условия эксплуатации, взаимоиндуктивные датчики, надежность, помехозащищенность

Современное развитие образцов ракетно-космической техники (РКТ) во многом зависит от технического уровня разработок датчиков-преобразующей аппаратуры. При создании сложных комплексов РКТ в настоящее время широко используются электромагнитные датчики перемещений (ЭМДП). Они применяются во многих системах управления различными объектами РКТ. От качества решения ими своих функциональных задач существенно зависят технические показатели систем управления, в которые они поставляют информацию, в частности их точность и быстродействие. В настоящее время известно большое количество различных типов ЭМДП. Их разнообразие объясняется не только широким спектром решаемых ими функциональных задач, но и возможностью использования различных структурных, физических и других принципов их построения.

Практика использования ЭМДП выдвигает перед разработчиками целый ряд различных, зачастую противоречивых требований, которым должны удовлетворять датчики. Это в первую очередь точность, надежность, помехозащищенность, быстродействие, малые габаритные размеры, технологичность изготовления и пр.

Наиболее жесткие требования к ЭМДП обусловлены необходимостью повышения их точности и одновременного уменьшения габаритных размеров, что связано в первую очередь с широким использованием датчиков на подвижных объектах, где уменьшение габаритов и массы оборудования позволяет увеличить общий КПД объекта и объем формируемой информации. Это особенно важно при работе датчика

Зеленский Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: vl.z@mail.ru.

Трофимов Алексей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: alex.t1978@mail.ru.

в ограниченных пространствах: во внутренних полостях агрегатов, двигателей, гидроцилиндров, под обшивками летательных аппаратов, в переносных устройствах и т.п., где ограничения в габаритных размерах несут решающую роль при выборе датчика. Кроме того, снижение габаритных размеров ведет, как правило, к уменьшению энергопотребления и материалоемкости. В то же время, уменьшение габаритно-весовых показателей не должно ухудшать метрологические характеристики датчиков.

В настоящее время разработано большое количество ЭМДП, которые отличаются друг от друга, как по структуре построения, так и по методу обработки сигналов с чувствительных элементов.

Основную массу электромагнитных датчиков можно разделить на три типа: индуктивные, индукционные, взаимоиндуктивные. Наибольшее распространение из них получили взаимоиндуктивные (трансформаторные) датчики, как обладающие наибольшей надежностью, помехозащищенностью и лучшими метрологическими характеристиками. Однако они также имеют недостатки ограничивающие область их применения, а именно:

- влияние нестабильности питающего напряжения (тока) на выходной сигнал датчика;
- изменение параметров датчика от температуры окружающей среды;
- зависимость диапазона измеряемых перемещений от габаритных размеров датчика.

В последнее время большое развитие получают растровые взаимоиндуктивные датчики перемещений, не имеющие указанных недостатков [1, 2]. Достоинством этих датчиков является высокая точность измерения в широком диапазоне воздействующих температур, обусловленная тем, что для обработки выходного сигнала с датчика применяется амплитудно-логической

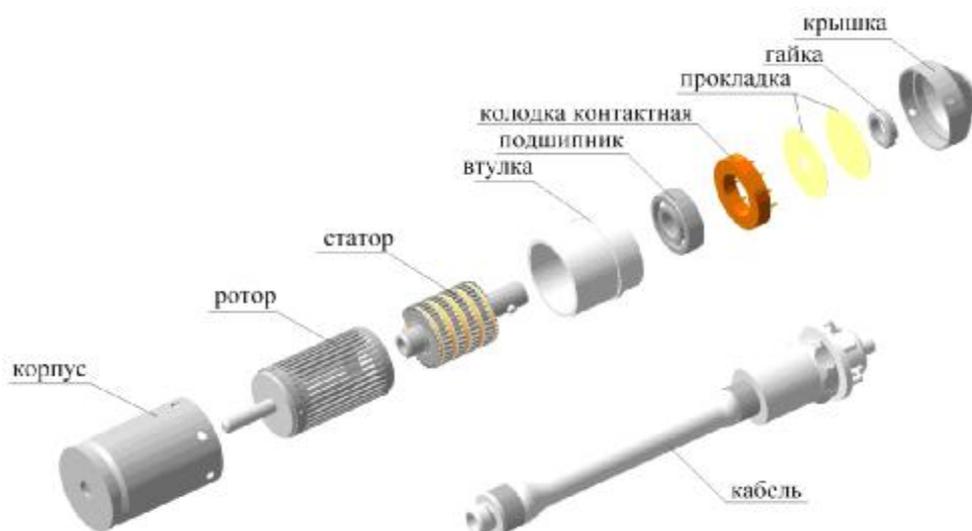


Рис. 1. Основные элементы конструкции растрового взаимдуктивного датчика перемещений

метод. Основные элементы конструкции растрового взаимдуктивного датчика перемещений представлены на рис. 1.

Применение комбинационных растровых сопряжений открывает новые возможности влияния на функцию преобразования датчика. Среди конструктивных параметров, изменяя которые можно изменять технические характеристики проектируемого датчика, следует отметить: шаг растра, скважность растра, шаг намотки, ширина секций, число витков секций, угол наклона растров, зазор между растрами, схема соединений секций обмоток, форма обмоток и их размещение на комбинационном поле.

Это позволяет получить разнообразную совокупность функций преобразования. Однако решать задачу аналого-цифрового преобразования перемещения следует системотехнически, то есть, учитывая схему обработки этих функций и взаимно корректируя и подбирая к каждому методу соответствующую конструкцию.

Примером растрового датчика угловых перемещений может служить датчик ПУИ 065 [2]. Его конструктивная схема изображена на рис. 2, а характер выходных сигналов в идеальном и реальном виде представлен на рис. 3.

Как видно из рис. 3, для взаимозаменяемости датчиков и исключения индивидуальной подстройки необходимо выравнивание сигналов с каждого канала по амплитуде. Для этого наиболее эффективно применение конструктивных методов совершенствования растровых датчиков перемещений, таких как:

1. Введение неравномерного зазора для полюсов датчика.

На рис. 4 показаны сечения сопряжения статор-ротор растрового датчика при проточках на средних секциях статора 1 (рис. 4а) или ротора 2 (рис. 4б). Это приводит к уравниванию постоянных составляющих сигнала на средних и крайних полюсах. Однако следует ожидать уменьшения модуляции на средних полюсах.

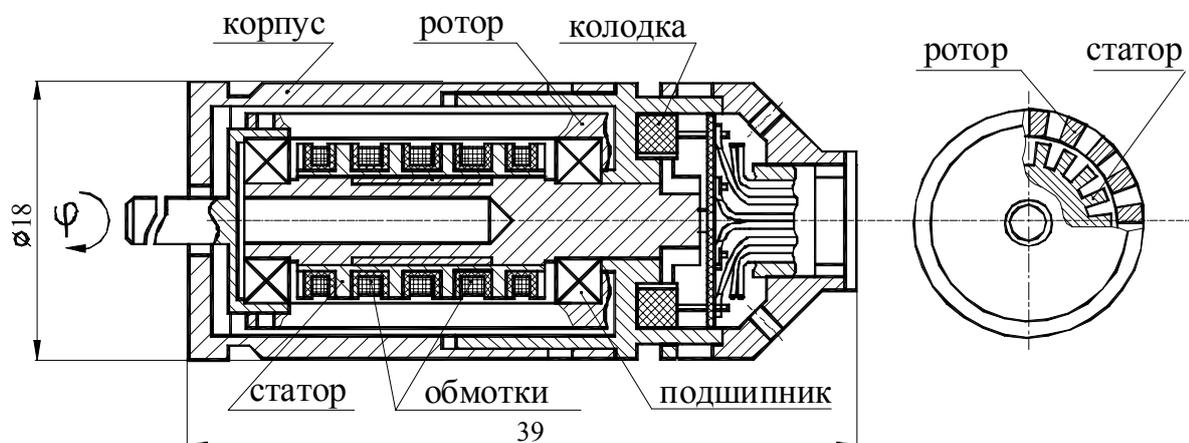


Рис. 2. Конструктивная схема растрового взаимдуктивного датчика угловых перемещений ПУИ 065

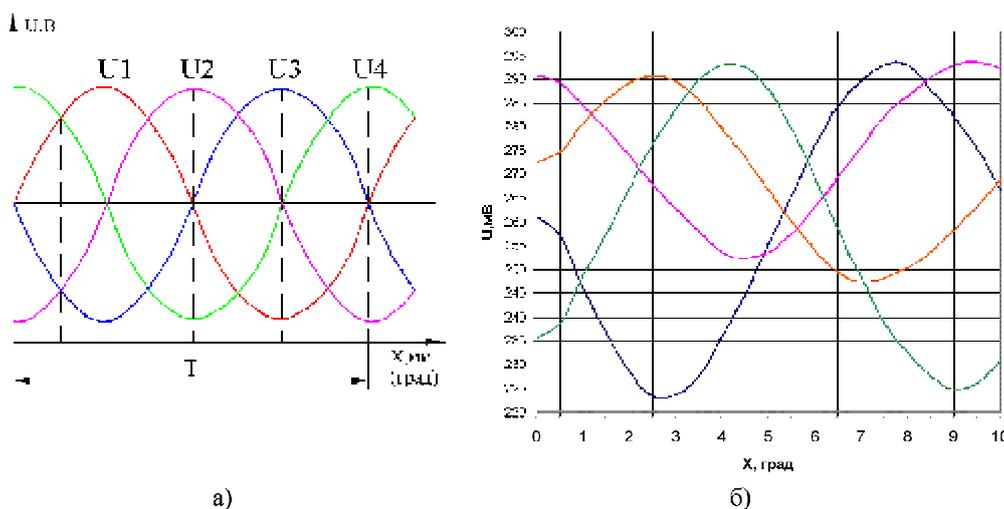


Рис. 3. Общий вид выходных сигналов с растрового взаимоиндуктивного датчика перемещений: а – идеальные выходные сигналы с растрового датчика; б – реальные выходные сигналы датчика ПУИ 065

2. Введение уравнивательных колец.

Уравнивательные ферромагнитные кольца 3 (рис. 4в) могут быть установлены как на роторе, так и на статоре. В этом случае не сказывается модуляция магнитного сопротивления на торцах ротора и статора.

Реализация этого предложения приведет к увеличению постоянной составляющей сигналов крайних обмоток и смещению сдвигов их экстремумов, что уменьшит погрешности дискретизации в позиционном канале статор-ротор растровых датчиков перемещений

3. Введение дополнительных участков модуляции потока.

На рис. 4г показано, что при этом возрастает длина ротора и статора. Ширину этих участков j_1 следует определить экспериментально

$$\eta = \frac{j_1}{j}$$

4. Изменение ширины полюсов.

Смещение оси полюса относительно комбинационной полосы приводит к смещению пространственной фазы выходного сигнала, конструктивно это решается уменьшением ширины полюса (рис. 4д). Эти изменения $v = \frac{j_0}{j_1}$ воз-

можно определить теоретически на базе схемы замещения магнитной цепи [3]. Результатом такой меры является фазовое смещение экстремумов выходных сигналов и уравнивание их постоянных составляющих.

5. Смещение полюсов по окружности сопряжения.

Для этого варианта (рис. 4е) крайние полюса следует изготовить на подвижных кольцах – магнитопровода 1 и 2, которые поворачиваются

на угол расстройки по пространственной фазе. Этот угол возможно рассчитать, однако первичные исследования целесообразно провести экспериментально. Данный способ не позволяет изменять постоянную составляющую сигналов, но наиболее эффективен для смещения пространственной фазы экстремумов.

6. Использование растров с различной скважностью.

Для увеличения значения постоянной составляющей выходного сигнала крайних полюсов целесообразно увеличить ширину зубцов статорного растра, то есть ввести различную скважность

$$v_1 = \frac{j_{2,3}}{q} \text{ и } v_2 = \frac{j_{1,4}}{q}$$

где q – шаг зубцового сопряжения;

$j_{2,3}$ – ширина зубцов средних полюсов;

$j_{1,4}$ – ширина зубцов крайних полюсов.

На рис. 4ж показано соотношение размеров для средних полюсов, на рис. 4з – для крайних.

7. Вариация числа витков.

Если ввести неоднородное число витков в полюсной секции при условии $W_1 = W_4 > W_2 = W_3$, то происходит выравнивание постоянных составляющих сигналов, что приводит к возможности устранить в схеме обработки выравнивающее устройство.

Наряду с конструктивными способами существуют технологические возможности совершенствования растровых взаимоиндуктивных датчиков перемещений.

В качестве технологических рекомендаций следует назвать в первую очередь переход на другие ферромагнитные материалы. Ограниченность датчиков перемещений по динамическим пара-

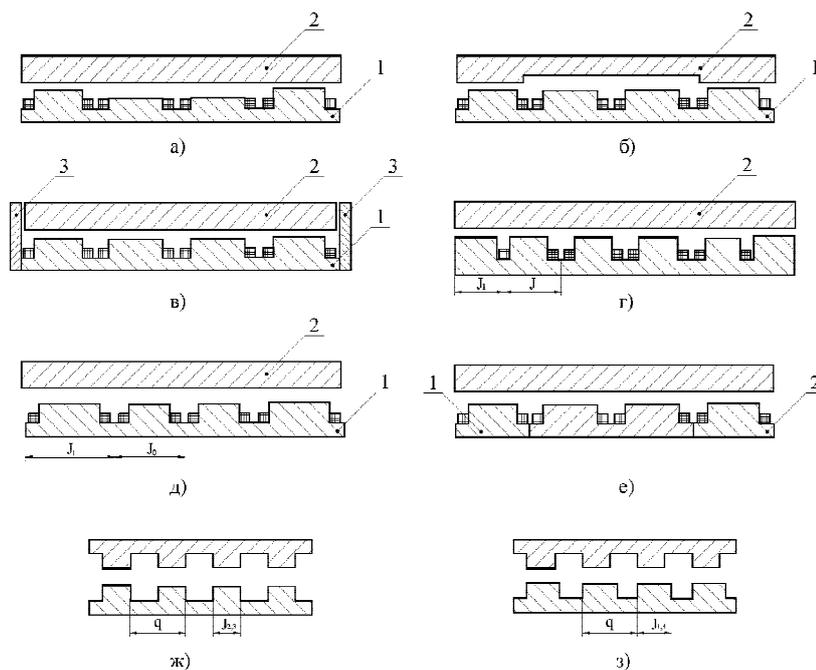


Рис. 4. Варианты конструктивного исполнения элементов сопряжения

метрам связана с использованием пермаллоя в качестве магнитопровода. Если запас чувствительности и даст возможность поднять частоту питания до 10 кГц, то это практически предел, да и существенного увеличения быстродействия в этом случае не будет. Наиболее перспективен переход на ферритовые композиции, так как в этом случае обеспечивается качественный скачок в увеличении быстродействия растровых взаимноиндуктивных датчиков перемещений. Неисследованной возможностью увеличения быстродействия является использование методов порошковой металлургии для изготовления магнитопроводов датчиков перемещений. Целесообразно для изготовления растров использовать новые достижения в обработке металлов - лазерные, электроискровые.

Эффект от технологических мероприятий может быть существенно большим, чем от конструктивных и схемных методов совершенствования растровых взаимноиндуктивных датчиков перемещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Копылов Н.Е., Медников Ф.М., Нечаевский М.Л.* Электромагнитные датчики механических величин. – М.: Машиностроение, 1987. – 255 с.
2. *Трофимов А.Н., Блинов А.В., Трофимов А.А.* Унифицированный ряд высокотемпературных растровых электромагнитных датчиков перемещений // Датчики и системы. 2007. №7. С. 24-29.
3. *Ломтев Е.А., Трофимов А.А.* Обобщенная схема замещения растровых датчиков угловых и линейных перемещений // Межвузовский сб. статей "Информационно измерительная техника". - Пенза, 2004. №29. С. 19-25.

ADVANCE METHODS OF DOTS STRUCTURE INTERINDUCTANCE DISPLACEMENT TRANSDUCERS

© 2009 V.A. Zelenskiy⁴, A.A. Trofimov²

⁵ Samara State Aerospace University

² Penza State University

Displacement transducers assign for rigid condition requirements is defined. Interinductance displacement transducers meet these requirements in a great measure. Due range of desing decision improve reliability, external immunity and measuring specifications of transducers.

Keywords: displacement transducers, rigid condition requirements, interinductance transducers, reliability, external immunity.

Vladimir Zelenskiy, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: vl.z@mail.ru

Alexey Trofimov, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: alex.t1978@mail.ru