

443118

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена  
трудового Красного Знамени высшее техническое училище  
имени Н.Э. Баумана

НА ДОМ  
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

САТТАРОВ ВАГИФ КАФАР ОГЛЫ

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДВУХ-  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНДУКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
СО СПЛОШНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ИЗ КОНСТРУКЦИОН-  
НОЙ СТАЛИ КАК ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИИ  
ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной  
техники и систем управления

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой сте-  
пени кандидата технических наук

Москва - 1985 г.

Работа выполнена в Сумгаитском ВТУЗе филиале  
АзНЕБТЕХИМА им. М. Азизбекова.

Научный руководитель - кандидат технических наук,  
доц., МАМЕДОВ Ф.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
доцент ПЕРЕВЕРТИН С.М.

кандидат технических наук  
СИМОНЕНКОВ В.И.

Ведущее предприятие - указано в решении Ученого Совета

Защита диссертации состоится 20 декабря 1985.  
на заседании специализированного совета К.053.15.06 "Автоматические приводы и системы управления" в Московском высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Ваше от...  
просьба в...  
С д...  
Н.Э. Баум...  
Авт...

M443118

Актуальность работы. В решениях XXVI съезда КПСС подчеркивается, что одним из важнейших направлений в работе по повышению производительности труда и ускорения научно-технического прогресса в отраслях народного хозяйства является комплексная механизация и автоматизация производства на основе широкого внедрения робототехнических комплексов, манипуляторной техники и других устройств для автоматизации производственных процессов.

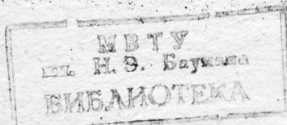
Проблема разработки и исследования средств систем управления приобретает особую важность в связи с расширяющимся внедрением автоматизированных комплексов во многих отраслях современной промышленности и народного хозяйства.

В любой автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП) одним из основных элементов является первичный преобразователь информации. В настоящее время широкое распространение получают надежные, безконтактные преобразователи неэлектрических величин (НЭВ), которые позволяют преобразование различных физических параметров (сила, давление, деформация, момент вращения, температура, скорость, расход и т.д.) в электрические сигналы.

В последние годы в связи с созданием агрегатных комплексов средств АСУ ТП и вычислительной техники развивается направление по совмещению в одном преобразователе нескольких функций, что позволяет уменьшить удельное количество необходимых преобразователей, соответствующих одному технологическому процессу.

Вопросам разработки и исследования по созданию многофункциональных индуктивных преобразователей (МФИП) в настоящее время посвящено мало работ. Частично такие работы изложены в трудах Ф.И.Агейкина, Л.В.Куликовского, Т.М.Алиева, М.Ф.Заринова и в трудах ряда иностранных авторов. Многие известные МФИП позволяют измерить две НЭВ последовательно, но не одновременно.

Вопросы МФИП, позволяющие одновременный контроль двух и более технологических параметров, исследованы в трудах Л.Ф.Куликовского и М.Ф.Заринова. Основными вопросами одновременного измерения двух и более технологических параметров с одним преобразователем являются: получение наименьших взаимовлияний измерительных цепей, высокой точности, чувствительности, больших выходных мощностей, рационального выбора конструкции, упроще-



ния технологии изготовления и повышения экономических показателей.

В существующем многофункциональном индуктивном преобразователе эти вопросы полностью не решены, так как направления по разработке таких преобразователей являются совершенно новыми, из-за этого подробные теоретические, а также экспериментальные исследования в отечественной и зарубежной литературе отсутствуют.

Поэтому актуальна разработка инженерной методики для МФИП, применяемой в системе управления, определение возможности проектирования и обеспечения преобразователей необходимыми информационными, метрологическими, экономическими показателями, обеспечивающими требования автоматизированных систем управления технологических процессов.

Цель работы. Целью работы является разработка двухфункционального индуктивного преобразователя (ДФИП) со сплошным магнитопроводом, имеющим достаточно высокую метрологическую и экономическую характеристику по сравнению с известными, определения информационных характеристик, условий обеспечения расширения функциональных возможностей, качественных показателей, а также выявления источников погрешностей и путей их стабилизации и установления области применения преобразователя.

Методы исследования. При решении поставленных задач использовался аппарат теории электромагнитного поля и электрических цепей, а также теории дифференциальных уравнений с частными производными и линейных дифференциальных уравнений. Основные теоретические результаты сопоставлялись с результатами экспериментов, которые проводились в лабораторных и промышленных условиях.

Научная новизна. В диссертации реализован принцип построения и проектирования ДФИП, основанный на анализе применяемых материалов конструкций, позволяющий, с позиции теории электромагнитного поля, получить следующие результаты, отличающиеся новизной:

1. Выбор магнитной системы с магнитопроводом из сплошной конструкционной стали.
2. Принцип построения ДФИП, обеспечивающий получение мак-

симальной выходной мощности, простоту технологии изготовления и минимальные взаимовлияния измерительных цепей преобразователя.

3. Получен общий вид решения дифференциального уравнения для выбранной конструкции преобразователя с целью определения электромагнитных параметров в его произвольном сечении.

4. Найдено математическое выражение, позволившее получить рабочую характеристику ДФИП в режиме холостого хода и загрузочном режиме.

5. Экспериментальные определения принятых предложений и юдтверждение теоретических результатов.

Практическая ценность. Разработан тип ДФИП со сплошным магнитопроводом, удовлетворяющий метрологическим и экономическим показателям требований системы управления, позволяющий одновременное измерение двух технологических параметров. Выбран ферромагнитный материал, существенно снизивший взаимовлияние магнитной цепи преобразователя и расширивший функциональные возможности преобразователя. Создан принцип построения преобразователя, который позволит увеличить чувствительность датчика и упростить технологию изготовления. Для рационального выбора конструктивных параметров ДФИПа использован обобщенный метод определения электромагнитных параметров преобразователя со сплошным магнитопроводом с использованием теории электромагнитного поля, установлено аналитическое выражение информационных характеристик.

Реализация в промышленности. Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований использовались при опытном внедрении ДФИП в Бакинском ПО "Геофизприбор" и при внедрении в нефтяных промыслах им. 26 Бакинских комиссаров Аз ССР для одновременного измерения угла поворота балансира и возникающих в нем механических усилий в системе "Частотные телемеханические пункты" (ЧТП). Экономический эффект от внедрения преобразователя для БПО "Геофизприбор" за год составляет 36800 рублей. Результаты исследований были использованы при разработке двухпараметрового датчика телединамометрирования (НДПМ НЕМТЕХИМавтомат г. Сумганта), а также для создания ДФИП, используемого в системе автоматизированного робототехнического комплекса (САЗ г. Сумганта).

Апробация работы. Результаты работы докладывались на первой Закавказской конференции молодых специалистов и ученых "Разработка и внедрение АСУ ТП в цветной и черной металлургии, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности (Дилижан, 1977 г.), на Всесоюзной конференции по ИИС (Баку, 1977 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Применение методов и средств тензометрии для измерения механических параметров" (Пенза, 1982 г.), на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Методы и средства измерения механических параметров в системах контроля и управления" (Пенза, 1983 г.).

Публикация. По результатам выполнения исследований было опубликовано семь научных работ, в том числе выдано два авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, в которых изложены основные научно-технические результаты и общие выводы (93 с.), списки использованной литературы (80 наименований), приложения (4 с.), иллюстрации (39 с.).

Во введении анализируется актуальность разработки и исследования МФИП с целью его использования в качестве первичного элемента автоматической системы управления робототехнических комплексов для одновременного измерения двух технологических параметров одним преобразователем.

Глава 1. Анализ существующих индуктивных преобразователей для одновременного измерения двух технологических параметров.

В главе исследованы конструкции и характеристики существующих МФИП и в результате установлено, что они имеют высокое взаимовлияние между измерительными цепями, низкую точность и сложную конструкцию.

Рассмотрен вопрос принципа построения и выбора материала МФИП с целью уменьшения взаимовлияния между измерительными цепями и определены пути получения наиболее стабильных метрологических характеристик.

Проведен анализ существующих методов расчета магнитной системы преобразователей и разработан обобщенный ме-

тод расчета электромагнитных параметров и информационной характеристики ДФИП.

Установлены возможности проектирования ДФИП со сплошным магнитопроводом для одновременного измерения малых линейных и больших угловых перемещений, а также больших линейных и больших угловых перемещений.

При рассмотрении существующей технической литературы было установлено отсутствие достаточно развитой теории для разработки ДФИП и приемов их проектирования. Однако ряд работ, в частности работы Л.Ф.Куликовского, М.Ф.Зарипова, Ф.И.Мамедова, позволили выбрать принцип, на основе которого стало возможным разработать многофункциональный индуктивный преобразователь со сплошным магнитопроводом для одновременного измерения двух и более технологических параметров, обеспечивающий требования АСУ ТП. При этом необходимо было решать следующие задачи:

- исследовать возможность совершенствования имеющихся конструкций индуктивных преобразователей и методов их расчета, выявить способы повышения метрологических и технологических характеристик - выбором материалов и принципом построения на сплошной конструкционной стали с низкой магнитной проницаемостью;
- проанализировать существующие методы расчета и разработать методику инженерного расчета магнитной системы преобразователя, учитывающую поверхностный эффект в теле магнитопровода;
- определить электромагнитные параметры и информационные характеристики преобразователя;
- исследовать дополнительные погрешности преобразователя и пути их уменьшения;
- осуществить внедрение разработанного преобразователя в ряд отраслей промышленности

Глава 2. Теоретическое исследование электромагнитного поля ДФИП со сплошным магнитопроводом.

В работе рассмотрен обобщенный метод расчета электромагнитных параметров ДФИП со сплошным магнитопроводом, снабженным неподвижным магнитопроводом в виде пустотелого цилиндра, расположенного коаксиально статору с двумя обмотками, расположенными попарно в вертикальных плоскостях, параллельных вертикальной плоскости симметрии дополнительного магнитопровода об-

мотки статора, расположенных вертикально плоскости симметрии статора, а статор выполнен подвижным относительно неподвижного магнитопровода в направлении, перпендикулярном его вертикальной плоскости симметрии.

Используя уравнения электродинамики и анализируя составляющие напряженности магнитного поля, выраженные в декартовой координатной системе, и анализируя распространение электромагнитных параметров в плоскости симметрии магнитной системы, получили линейное дифференциальное уравнение, описывающее поле в рассматриваемом сечении. Приведено решение полученного уравнения на плоскости симметрии, определены граничные условия через функционально связанные координатные переменные и получено выражение напряженности магнитного поля в теле магнитопровода. При определении постоянных интегрирований использован закон полного тока и принцип непрерывности магнитного потока в плоскости симметрии. Расчет проводился на основе принципа суперпозиции, затем на основе полученных выражений напряженности магнитного поля были найдены магнитные потоки, соответствующие магнитным цепям линейных и угловых перемещений, с учетом взаимного влияния магнитных цепей и магнитных потоков, созданных в продольных частях преобразователя в цепи линейных перемещений  $\Phi_n$  и на участке воздушного подпространства преобразователя цепи угловых перемещений  $\Phi_\theta$ .

Для магнитной цепи линейных перемещений

$$\begin{aligned}\Phi_n &= \mu\mu_0 (I_n w_n l_1 m_1 + I_{ny} w_{ny} l_2 n_1) \cdot \frac{1 - e^{-\rho \Delta_1}}{\rho} + 2\Phi_n, \\ \Phi_n' &= \mu\mu_0 (I_n w_n l_1 m_1' + I_{ny} w_{ny} l_2 n_1') \cdot \frac{1 - e^{-\rho \Delta_1}}{\rho} + 2\Phi_n'.\end{aligned}\quad (1)$$

Для магнитной цепи угловых перемещений

$$\begin{aligned}\Phi_\theta &= \mu\mu_0 l_2 (I_{ny} w_{ny} n_v + I_n w_n m_v) \cdot \frac{1 - e^{-\rho \Delta_3}}{\rho} + 2\Phi_\theta, \\ \Phi_\theta' &= \mu\mu_0 l_3 (I_{ny} w_{ny} n_v' + I_n w_n m_v') \cdot \frac{1 - e^{-\rho \Delta_3}}{\rho} + 2\Phi_\theta'.\end{aligned}\quad (2)$$

где

$$\Phi_{in} = \mu \mu_0 \ell_1 \frac{I_{in} W_{in}}{2} \cdot \frac{\Delta}{x_0 + \frac{1}{\rho \delta_1} \left( \frac{h}{\mu} + \delta_1 \right) (1 - e^{-\rho \Delta})},$$

$$\Phi_{le} = 2 \mu \mu_0 (0,26 + \frac{0,64 \delta_2}{2 x_0 + \delta_2}) \cdot \ell_2 I_{ly} W_{ly},$$

$$m_1 = \frac{A_1}{B_1}, \quad m_1' = \frac{A_1'}{B_1'}, \quad n_1 = \frac{x_0 e^{-\rho \Delta_2}}{B_2}, \quad n_1' = \frac{x_0 e^{-\rho \Delta_2}}{B_2'}.$$

$$A_1 = A_1' = \frac{1 - e^{-\rho \Delta_2}}{1 - e^{-\rho \Delta_1}} + \frac{x_0 e^{-\rho \Delta_2}}{n \frac{\mu \delta_2 + h}{\rho \Delta} + x_0} \cdot \frac{1 - e^{-\rho \Delta_1}}{1 - e^{-\rho \Delta_1}} \cdot \frac{\ell_2}{\ell_1},$$

$$B_1 = x_0 + (x_0 + n \frac{\mu \delta_1 + h}{\rho \Delta}) \cdot A_1, \quad B_1' = x_0 + (x_0 + n \frac{\mu \delta_1' + h}{\rho \Delta}) \cdot A_1',$$

$$m_4 = \frac{x_0 e^{-\rho \Delta_2}}{B_1}, \quad n_4 = \frac{A_2}{B_2}, \quad m_4' = \frac{x_0 e^{-\rho \Delta_2}}{B_1'},$$

$$n_4' = \frac{A_2'}{B_2'}, \quad \rho = \sqrt{j \omega \mu \mu_0}.$$

Здесь  $\omega$  — угловая частота тока возбуждения,  $\delta$  — удельная электропроводимость материала магнитопровода,  $\mu$  — относительная магнитная проницаемость материала магнитопровода,  $\mu_0$  — магнитная проницаемость воздуха,  $x_0$  — ширина паза,  $h$  — высота паза,  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  — соответственно толщины магнитопроводов,  $\delta_1$ ,  $\delta_1'$ ,  $\delta_2$  — воздушный зазор между неподвижным магнитопроводом и статором, зазор между статором и ротором,  $\ell_1$  — активная длина обмотки, размещенной в пазах неподвижного магнитопровода,  $I_{in}$ ,  $I_{ly}$  — ток возбуждения обмотки, соответствующего линейным и угловым перемещениям,  $W_{in}$ ,  $W_{ly}$  — число витков обмоток возбуждений,  $\ell_2$ ,  $\ell_3$  — активная длина обмотки, прикрытая ротором. Выражения (1) и (2) позволяют установить зависимость между электромагнитными и конструктивными параметрами при проектировании конкретных конструкций ДФП со сплошными магнитопроводами.

Глава 3. Информационные характеристики двухфункционального преобразователя.

На основании (1) и (2), полученных путем теоретических исследований в главе 2, определено выражение выходных напряжений преобразователя, позволяющее определить рабочие характеристики в режиме холостого хода и нагрузочном режиме. Проведен анализ наличия взаимного влияния между измерительными цепями и установлено, что взаимное влияние между измерительными цепями линейных и угловых перемещений получается незначительным тогда, когда магнитопровод изготавливается из сплошной конструкционной стали с низкой магнитной проницаемостью и при рациональном выборе конструктивных размеров магнитопровода и размещении систем обмотки в магнитной системе.

На основе полученных выражений магнитных потоков в главе 2 установлены аналитические формулы выходных напряжений измерительных цепей преобразователя, которые записываются в виде:

$$\Delta E_A = 2\omega\mu\mu_0 l_1 w_{1l} w_{2l} \cdot \frac{U \cdot K_{5m}}{K_{2m} \cdot K_{4m}} \cdot \Delta\delta \quad (3)$$

$$\Delta E_y = 2\omega\mu\mu_0 R_p w_{1y} w_{2y} \cdot \frac{U \cdot d_{3m}}{d_{4m}} \cdot \beta \quad (4)$$

где  $U$  - напряжение питания,  $R_p$  - радиус ротора,  $w_{2l}$ ,  $w_{2y}$  - число витков измерительной обмотки соответственно цепи линейных и угловых перемещений,  $\Delta\delta$  - приращение воздушных зазоров,  $\beta$  - угол поворота ротора,  $K_{2m}$ ,  $K_{4m}$ ,  $K_{5m}$ ,  $d_{3m}$ ,  $d_{4m}$  - модули коэффициентов, определяющиеся через основные параметры и конструктивные размеры преобразователя. Полученные выражения (3) и (4) позволяют определить теоретические рабочие характеристики.

С учетом комплексного нагрузочного сопротивления установлено выражение выходного напряжения преобразователя, что позволило определить рабочие характеристики в нагрузочном режиме.

Путем проведения анализа отдельных параметров на основе полученных выражений преобразователя определено их влияние на температурную погрешность. При этом установлено, что основными

параметрами, влияющими на температурную погрешность, являются магнитная проницаемость материала магнитопровода и активное сопротивление обмотки возбуждения преобразователя. В результате установлено, что снижение температурной погрешности может быть осуществлено уменьшением активного сопротивления обмотки возбуждения ДФИПа. Расчетom установлено, что полученная погрешность составляет 0,8 % на каждые  $10^{\circ}\text{C}$ , что вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа.

#### Глава 4. Экспериментальные исследования и промышленное применение ДФИП.

В данной главе для уточнения достоверности проводимых теоретических исследований рассмотрены вопросы экспериментального исследования разработанных ДФИП в лабораторных условиях и на объектах.

Экспериментальная проверка для снятия рабочей характеристики производилась на лабораторных стендах, входные и выходные электрические параметры контролировались цифровыми измерительными приборами класса точности 0,3. В результате полученные рабочие характеристики при линейных и угловых перемещениях соответствуют характеристикам, полученным теоретическим расчетом. Путем сравнения установлено, что приведенные теоретические исследования позволяют получить рабочую характеристику преобразователя с точностью 10 %.

Для определения взаимного влияния между измерительными цепями проводилось экспериментальное исследование и из полученных характеристик выяснилось, что оно не превышает 2 % от максимального напряжения на выходе преобразователя между магнитными цепями линейных перемещений, которые подтверждают правильность предположения при теоретических исследованиях.

Экспериментальным путем определены краевые магнитные потоки и установлено, что краевые магнитные потоки имеют сравнительно малые величины и поэтому можно не учитывать их значения при расчете преобразователя.

Проводились экспериментальные исследования ДФИПа по температурному изменению в диапазоне - 50 $^{\circ}\text{C}$  до + 50 $^{\circ}\text{C}$  в климатической камере типа 3524/51 "Фейтрон" - подтвердилась достоверность полученных в главе 3 теоретических исследований.

Практическое применение разработанного преобразователя осуществлено в системе частотного телемеханического пункта для одновременного измерения угла поворота и усилий, возникающих в полированном штоке.

### Заключение

В результате проведенного в работе исследования получены следующие научные результаты и практические рекомендации:

1. В процессе анализа условий применения ИФИП в автоматизированных комплексах для одновременного измерения двух технологических параметров была установлена целесообразность применения двухфункционального индуктивного преобразователя. При этом основным критерием качества выполнялась максимальной мощностью, которая достигается путем размещения систем измерительных и возбуждающих обмоток в глубоких и узких пазах магнитопровода из сплошной конструкционной стали с низкой магнитной проницаемостью и перекрытия их подвижной частью магнитопровода.

2. Для определения рациональных параметров ДФИП, разработан методика расчета магнитной системы преобразователя. Для определения рациональных параметров ДФИП, разработана методика расчета магнитной системы преобразователя. Для этого оказалось необходимым уточнить основные уравнения, описывающие электромагнитное поле преобразователя, в котором учитываются вихревые токи, возникающие в теле магнитопровода.

3. Разработана новая модель ДФИП, снабженного неподвижным магнитопроводом в виде пустотелого цилиндра, расположенного коаксиально статору и ротору с двумя обмотками, размещенными попарно в вертикальных плоскостях неподвижного магнитопровода и статора. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что нелинейность преобразования напряжение - перемещение и угла поворота не превышает 1,5 %.

4. Получено распределение электромагнитного поля в плоскости симметрии преобразователя и определены электромагнитные параметры в произвольном сечении сплошного магнитопровода ДФИП. Разработана инженерная методика определения геометрических размеров при проектировании ДФИП для одновременного измерения малых линейных и больших угловых перемещений.

5. Определены информационные характеристики преобразователя в функции электромагнитных параметров ДФИП – приращения выходных напряжений от перемещений и угла поворота в режиме холостого хода и нагрузочном режиме. Проведен анализ взаимного влияния между измерительными цепями и установлено, что при выбранных принципах построения оно оказывается незначительным, что подтверждается экспериментами.

6. Исследованы температурные погрешности ДФИПа в зависимости от электромагнитных параметров и показано что снижение температурной погрешности может быть осуществлено уменьшением активного сопротивления обмотки возбуждения ДФИПа. Расчетным путем установлено, что полученная погрешность составляет 0,8 % на каждые  $10^{\circ}\text{C}$ , которые удовлетворяют требованиям ГОСТа.

7. Разработана инженерная методика расчета ДФИПа со сплошным магнитопроводом как элемента системы управления промышленными объектами на базе "Индуктивного преобразователя угловых и малых линейных перемещений". Она включила выбор материала магнитопровода, конструкции, расчет информационных характеристик преобразователя в функции электромагнитных параметров индуктивного преобразователя.

Результаты приведенных исследований использовались для разработки индуктивного преобразователя при одновременном измерении угла поворота балансира и возникающих в нем механических усилий в системе частотных телемеханических пультов на нефтяных промыслах им. 26 Бакинских комиссаров (г. Баку). Годовой экономический эффект Бакинских ПО "Геофизприбор" за год составляет 36,8 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Саттаров В.К., Набиев М.А., Мамедов Ф.И. Индуктивный преобразователь угловых перемещений для нефтяной промышленности – Разработка и внедрение АСУ ТП в цветной и черной металлургии, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности: Тез. докл. I закатк. конф. – Дилижан, октябрь 1977, с. 73.
2. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б., Саттаров В.К. Методы коррекции температурной погрешности первичных измерительных преобразователей ИИС для нефтяной промышленности. – ИИС: Тез. докл. Всесоюзн. конф. – Баку, 1977, с. 226.

3. Мамедов Ф.И., Набиев М.А., Саттаров В.К. Принцип построения многомерных электромагнитных преобразователей механических перемещений. - Применение методов и средств тензометрии для измерения механических параметров: Тез. докл. Всесоюз. конф. - М., 1982, с. 131.
4. Мамедов Ф.И., Саттаров В.К., Осифов А.А. Двухмерный индуктивный преобразователь механических параметров. - Методы и средства измерения механических параметров в системах контроля и управления: Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. семина. - Пенза, 1983 г. с.13-14.
5. А.с. 842388 (СССР). Преобразователь угловых перемещений /Т.М. Алиев, Ф.И.Мамедов, Набиев М.А., Осифов А.А., Р.Б.Дадашева, В.К. Саттаров. - Оpubл. в Б.И., 1981 г., № 24.
6. А.с. 1037055 (СССР). Трансформаторный преобразователь линейных и угловых перемещений / Ф.И. Мамедов, А.А. Осифов, Р.Б.Дадашева, В.К. Саттаров. - Оpubл. в Б.И., 1983 г., № 31.
7. Мамедов Ф.И., Саттаров В.К. Теоретические исследования многомерного индуктивного преобразователя перемещений. - Изв. вузов. Нефть и газ, 1984, № 10, с. 23-27.

Л- 85551                      от 24 июня 1985г.

Заказ 870

Объем I п.л.

Тираж 100 экз.

Типография МВТУ

