

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ
АКАДЕМИИ НАУК БССР

На правах рукописи
Для служебного пользования
Экз. № 27

ЛАБОВКИН ВЛАДИМИР НИКИТОВИЧ

УДК 681.327

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ПЛАШЕТНЫХ СРЕДСТВ ВВОДА С УКАЗАТЕЛЬНЫМИ КООРДИНАТ
СТЕРЖНЕВОГО ТИПА

05.13.01 - Управление в технических системах

05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск - 1990

Работа выполнена в ордена Трудового Красного Знамени
Институте технической кибернетики Академии наук БССР

Научный руководитель - кандидат технических наук, старший
научный сотрудник Г.И. Алексеев

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
П.М. Чеголин;
- кандидат технических наук, доцент
В.Н. Путков.

Ведущая организация - Научно-исследовательский институт
электронных вычислительных машин
г. Минск.

Защита состоится "27" марта 1990 г. в 14.30 час.
на заседании специализированного Совета Д 006.24.01 Институ-
та технической кибернетики АН БССР по адресу: 220605, г.Минск,
ул. Сурганова, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "20" февраля 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук



Г.И. АЛЕКСЕЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Значительная часть информации, используемой в научных исследованиях и проектно-конструкторских работах, представляется в графической форме: в виде графиков, диаграмм, чертежей, схем и различных полутонных изображений. Применение электронной вычислительной техники для ее обработки существенно повышает производительность труда, а хранения в памяти ЭВМ позволяет быстро преобразовывать и оперативно использовать графические данные в решаемых задачах.

Для эффективного ввода графической информации в ЭВМ наибольшее распространение получили полуавтоматические планшетные устройства графического ввода / УГВ / электромагнитного типа. Функционирование таких устройств предполагает автоматическое измерение координат точек считывания, предварительно выделенных и указанных человеком.

Важными эргономическими показателями планшетных УГВ является форма и число степеней свободы указателя координат, выполненного в виде плоской шайбы или стержня. Стержневой указатель, обладая пятью степенями свободы, наиболее эргономичен и эффективен при считывании. Наличие датчика положения и тактильного элемента в теле такого указателя позволяет одновременно кодировать и наносить дополнительную информацию на обрабатываемый графический материал.

Ряд зарубежных фирм и отечественных организаций в последнее время широко практикуют применение планшетных УГВ со стержневыми указателями координат. Однако технические решения, обеспечивавшие нормальное функционирование при вариациях углового положения оси указателя к плоскости планшета, обычно в технической документации на изделия не приводятся. Содержание публикаций послед-

них лет, освещавших проблематику планшетных УТВ со стержневыми указателями, в большинстве своем носит рекламный характер и также затрагивает вопросы создания устройств с инвариантными к наклону указателями. Поэтому проблема создания УТВ со стержневыми указателями с высокими техническими и эргономическими показателями назначения является актуальной.

Ц е л ь р а б о т ы - разработка элементов теории и создание планшетных средств ввода графической информации с инвариантными к наклону указателями координат стержневого типа.

Для достижения цели работы решены следующие задачи:

- разработаны математические модели взаимодействия индукционных систем координатной матрицы и указателя координат, произвольно ориентированного по отношению к плоскости координатного планшета;

- получены расчетные соотношения, пригодные для инженерного проектирования планшетных устройств ввода графической информации со стержневыми указателями координат;

- разработаны и экспериментально проверены способы считывания графической информации и устройства для реализации этих способов, основанные на амплитудных методах измерения координат.

М е т о д ы и с с л е д о в а н и я. Для решения поставленных задач в работе использован математический аппарат теории электромагнитного поля, аналитической геометрии, функций комплексной переменной, элементы дифференциального и интегрального исчисления. Экспериментальные исследования проводились средствами вычислительной техники и на макетных образцах.

Н а у ч н а я н о в и з н а. Предложены математические модели взаимодействия индукционных систем координатной матрицы и указателя с однокатушечным датчиком, произвольно ориентированного в пространстве относительно плоскости планшета, позволяющие

аналитическими способами произвести анализ отгибающих амплитуд информационных сигналов наведенных ЭДС. Определены аналитические зависимости для нахождения угловой ориентации оси стержневого указателя по характерным значениям функций отгибающих амплитуд информационных сигналов наведенных ЭДС. Разработан, аналитически обоснован и экспериментально проверен компенсационный способ считывания координат на основе оперативного вычисления нулей и экстремальных значений отгибающих амплитуд информационных сигналов наведенных ЭДС.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь . Расширена область применения математического моделирования индукционного взаимодействия измерительных систем электромагнитных УТВ со стержневыми указателями координат. Показана возможность создания планшетных средств ввода, обладающих расширенными функциональными возможностями, в том числе эффективной коррекцией аппаратурной погрешности, вызываемой наклонами стержневого указателя относительно плоскости считывания, на базе микропроцессорных систем. При непосредственном участии автора разработан ряд устройств ввода графической информации.

Р е а л и з а ц и я и в н е д р е н и е р е з у л ь т а т о в и с с л е д о в а н и й . На основе проведенных исследований разработано планшетное УТВ / ЭМ - 7029 / для кодирования и управления маркером дисплея. Освоено серийное производство ЭМ - 7029 на заводе "Эвистор", г. Витебск. Годовой экономический эффект от его внедрения в отечественной промышленности составляет 210 тыс. руб. Долевое участие автора - 42 тыс. руб. Разработан планшетный кодировщик графической информации / Планшет - П / для оснащения автоматизированных рабочих мест на базе персональных ЭВМ. Гарантированный экономический эффект от использования кодировщика Планшет - П в народном хозяйстве состав-

ляет 126 тыс. руб. Долевое участие автора - 12 тыс. руб.

А п р о б а ц и я р а б о т ы . Основные результаты диссертационной работы доложены на II Всесоюзной конференции "Методы и средства обработки сложной графической информации", г. Горький, 1985 г.; научно-технической конференции "Перспективы развития и проблемы эффективного использования ЭВМ общего назначения и персональных ЭВМ", г. Минск, 1987 г.; научно-методической конференции "Эргономическое обеспечение проектирования и эксплуатации изделий машиностроения", г. Минск, 1988 г. Проведена апробация элементов теории планшетных УГВ при проведении совместных НИР ИТК АН БССР и ОКБМ при заводе "Эвистор", г. Витебск "Разработка принципов создания и расчета индукционных планшетных устройств для считывания графической информации" в 1983 г., "Основы построения индукционных планшетных устройств ввода графической информации со стержневыми указателями координат" в 1983 г., "Принципы создания индукционных планшетных устройств ввода с цифровой коррекцией кодов считываемых координат" в 1984 г., совместной НИР ИТК АН БССР и МКБ "Кулон", г. Москва "Исследование принципов создания автоматизированного устройства ввода графических данных в ЭВМ с индуктивным датчиком" в 1985 г.

П у б л и к а ц и и . По результатам выполненных исследований опубликовано 9 печатных работ.

О б ъ е м р а б о т ы . Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 85 названий, приложения, и занимает 129 стр., из которых 19 стр. занимают рисунки и таблицы. 8 стр. - список использованной литературы и 10 стр. - приложения.

Н а з а щ и т у в н о с я т с я :

- математические модели взаимодействия индукционных систем координатной матрицы и указателя координат, произвольно ориенти-

рованного по отношению к плоскости координатного планшета;

- аналитические соотношения, определяющие поправку к считываемой координате, вытекающие из свойствгибающих сигналов ЭДС, индуцированных в однокатушечном датчике;

- процедура компенсации погрешности наклона стержневого указателя на основе гармонического разложениягибающей по дискретному множеству импульсных сигналов ЭДС;

- методика аппаратно - программного учета наклона стержневого указателя в процессе считывания координат на основе аппроксимациигибающей квадратичными параболоми и дробно - рациональными функциями.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулированы цели исследования, научная новизна, практическое значение исследования и разработки планшетных электромагнитных средств ввода со стержневыми указателями координат.

В первой главе проводится краткий анализ принципов построения, эргономических и метрологических характеристик планшетных УГВ. Установлено, что решение многих задач автоматизированной обработки графической информации требует введения в состав устройств ввода стержневых указателей координат, инвариантных к углам наклона, с пишущими наконечниками. Перспективным в этом смысле является построение электромагнитных УГВ с однокатушечным датчиком стержневого указателя, установленным по его оси. Приведены технические характеристики перспективных средств ввода, обоснованы и сформулированы задачи теоретических исследований.

Вторая глава посвящена разработке математических моделей взаимодействия индукционных систем электромагнитных

УТВ, одна из которых является некоторой идеализацией контуров координатной матрицы, другая - идеализацией индукционной системы указателя координат, произвольно расположенного в пространстве.

Рассмотрен один из наиболее общих случаев работы указателя координат, характерный для стержня с пишущим наконечником, когда его индукционная система $S_n(\tau)(x(\tau), y(\tau), z(\tau))$, $\tau, \leq \tau \leq \tau_2$ в процессе ввода претерпевает линейные перемещения x_0, y_0, z_0 и повороты относительно точки считывания на углы Эйлера ψ и θ . В предположении, что формирователем магнитного поля выступают токопроводящие контуры координатной матрицы планшетного УТВ, состоящие из достаточно толких прямолинейных проездников конечной длины / координатных шин / с током I и совокупности соединительных токопроводящих проводников, представленных набором прямолинейных отрезков ℓ_i , получено выражение для потока вектора магнитной индукции, пронизывающего приемный контур $S_n(\tau)$.

В частном случае, когда формирователем магнитного поля выступает одиночный прямолинейный проводник с током I , длиной $\ell = 2 \cdot b$, расположенный вдоль оси OX , а индукционная система указателя координат представлена в виде кольцевого витка радиуса r

$$x(\tau) = r \cos \tau, \quad y(\tau) = r \sin \tau, \quad z(\tau) = H$$

имеем

$$\Phi = -c r \int_0^{2\pi} (\cos \theta \sin \tau + \sin \theta \cos \psi \cos \tau) \ln \left| \frac{x_0 + r \cos \theta \cos \tau - \dots}{x_0 + r \cos \theta \cos \tau} \dots \right. \\ \dots \frac{-r \sin \theta \cos \psi \sin \tau + H \sin \theta \sin \psi - b + ((x_0 + r \cos \theta \cos \tau - \dots}{-r \sin \theta \cos \psi \sin \tau + H \sin \theta \sin \psi + b + ((x_0 + r \cos \theta \cos \tau - \dots} \dots$$

$$\dots \frac{-z \sin \theta \cos \psi \sin \tau + H \sin \theta \sin \psi - L)^2 + (y_0 + z \sin \theta \cos \psi + \dots}{-z \sin \theta \cos \psi \sin \tau + H \sin \theta \sin \psi + B_1^2 + (z_0 + z \sin \theta \cos \psi + \dots} \dots \quad (1)$$

$$\dots \frac{+ z \cos \theta \cos \psi \sin \tau - H \cos \theta \sin \psi)^2 + (z_0 + z \sin \theta \cos \psi + H \cos \psi)^2)^{1/2}}{(z_0 + z \sin \theta \cos \psi + H \cos \psi)^2 + (z_0 + z \sin \theta \cos \psi + H \cos \psi)^2)^{1/2}} \dots \quad (2)$$

где H - расстояние от точки считывания до центра витка, C - постоянная, характеризующая УТВ.

Формула (1) позволяет исследовать распределение потока Φ вектора магнитной индукции по всему полю координатного планшета при произвольном расположении индукционной системы указателя координат относительно координатной матрицы планшета. Вычисления на ЭВМ показывают на уменьшение потока от центра к краям координатной шины примерно в 2 раза / краевой эффект /. Ширина зонк краевого эффекта составляет ориентировочно 5 τ .

Введение по периметру координатного планшета резервных зон шириной $\ell_3 = 5 \tau$ и экранизация токопроводящего монтажа металлической пластиной позволяют выбрать в качестве исходной модели координатную шину бесконечной длины. Тогда для потока вектора магнитной индукции, пронизывающего кольцевой виток, имеем

$$\Phi = 2C \tau^2 \int_0^{2\pi} \frac{(\sin \theta \cos \psi \sin \tau - \cos \theta \cos \psi) ((y_0 - H \cos \theta \sin \psi + z \sin \theta \cos \psi + \dots}{(y_0 - H \cos \theta \sin \psi + z \sin \theta \cos \psi + z \cos \theta \cos \psi \sin \tau)^2 + \dots} \dots \quad (2)$$

$$\dots \frac{+ z \cos \theta \cos \psi \sin \tau) + (\cos \theta \cos \psi \cos \tau - \sin \theta \sin \tau) + \sin \psi (z_0 + H \cos \psi + z \sin \psi \sin \tau) \cos \tau}{(z_0 + H \cos \psi + z \sin \psi \sin \tau)^2} dt$$

В частном случае индукционного взаимодействия бесконечно длинного проводника с кольцевым контуром малого радиуса, получено

$$\varphi = -2c\tau^2\pi \frac{y_0 \cos \psi + z_0 \sin \psi \cos \theta}{(y_0 - H \sin \psi \cos \theta)^2 + (z_0 + H \cos \psi)^2} \quad (3)$$

Как правило, индукционная система указателя координат, состоящая из одиночного кольцевого витка, в практике не встречается, поскольку для создания потока достаточной интенсивности через координатную шину следует пропустить электрический ток значительной величины. Реальные конструкции индукционных систем изготавливаются из нескольких концентрически уложенных цилиндрических катушек индуктивности и описываются вложенными друг в друга чередующимися восходящими и нисходящими винтовыми линиями. Расчеты на ЭВМ показывают, что при малых отношениях шага винтовой к ее радиусу, индукционную систему указателя координат можно заменить одним витком, занимающим среднее положение моделируемой индукционной системы. Погрешность такого представления не превышает 3 %.

В третьей главе на основе исследования математических моделей взаимодействия индукционных систем планшетных УТВ устанавливаются функциональные зависимости, характеризующие вариации углов наклона стержневого указателя координат в процессе считывания графической информации.

В предположении, что процедура считывания координат точки M основана на определении нулей x_M^i , y_M^i отгибаемых импульсных последовательностей сигналов, индуцированных в катушке съемника полями поочередно возбуждаемых координатных шин, получены выражения для координат x_M , y_M считываемой точки /рис. I/

$$\begin{aligned} x_M &= x_M^i + \Delta x \\ y_M &= y_M^i + \Delta y \end{aligned} \quad (4)$$

где Δx , Δy - погрешности от несовпадения плоскости носителя графических данных с плоскостью расположения координатных осей / параметр Z_0 / и разворота стержневого указателя на углы ψ и θ :

$$\begin{aligned} \Delta x &= Z_0 \operatorname{tg} \psi \sin \theta, \\ \Delta y &= Z_0 \operatorname{tg} \psi \cos \theta. \end{aligned} \quad (5)$$

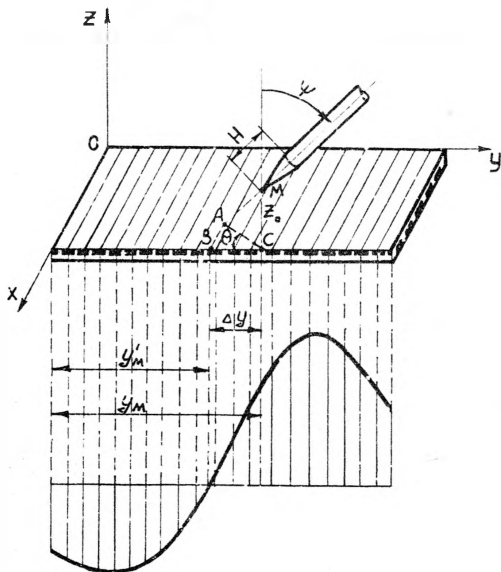


Рис. I. Влияние смещения острия указателя и плоскости координатной сетки на ошибку Δy , вызванную его разворотом вокруг точки M на углы ψ и θ .

Отождествление функцийгибающих информационных сигналов с выражением 2 позволило получить ряд эквивалентных соотношений, выражающих углы наклона стержневого указателя по алгебраическим значениям площадей, ограниченных функциямигибающих с осями OX и OY , по разностям экстремальных значений функцийгибающих амплитуд информационных сигналов и координатам центров тяжести площадей, ограниченныхгибающими и осями OX и OY . Это дало возможность рекомендовать для практической реализации следующие выражения, определяющие углы наклона стержневого указателя:

$$\operatorname{tg} \psi \cos \theta = \frac{1 + \Phi_{\min}(x_0; \psi, \theta) / \Phi_{\max}(x_0; \psi, \theta)}{2(-\Phi_{\min}(y_0; \psi, \theta) / \Phi_{\max}(y_0; \psi, \theta))^{1/2}} \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \psi \sin \theta = \frac{1 + \Phi_{\min}(x_0; \psi, \theta) / \Phi_{\max}(x_0; \psi, \theta)}{2(-\Phi_{\min}(x_0; \psi, \theta) / \Phi_{\max}(x_0; \psi, \theta))^{1/2}}$$

Эти формулы позволяют по известным отношениям экстремальных значенийгибающих последовательностей сигналов ЭДС находить поправку к считываемым координатам в соответствии с (5). Преимущества их не только и не столько в простоте, а главным образом в том, что они содержат отношения сигналов, в которые не входит постоянная C , характеризующая конкретное устройство.

В отдельный параграф вынесен материал по гармоническому разложениюгибающей, который также выводит на решение задачи учета углового положения стержневого указателя координат. Действительно, разложение (3) в ряд Фурье даст возможность по амплитудам косинусной a_k и синусной b_k составляющих k -ой гармоники найти

$$\Delta y = z_0 \frac{M}{\sqrt{1 - M^2}}$$

где

$$M = - \frac{a_k}{b_k} \frac{k \cdot \pi (z + \pi k)^2}{48}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Если толщина носителя графической информации мала / 0.01 + 0.1 мм / то величину Z_0 можно считать постоянной планшета. В других случаях оператор может задать Z_0 в автоматическом режиме. Одно из решений предполагает до преобразования в цифровую форму графических данных на материале неизвестной толщины установку указателя в вертикальное положение, измерение максимального значения огибающей амплитуд и сравнение полученной величины с предварительно откалиброванными значениями для разную Z_0 .

В четвертой главе рассмотрена методика аппаратно - программного учета наклона стержневого указателя в процессе считывания координат на основе аппроксимации огибающей квадратичными параболоми и дробно - рациональными функциями. При разработке алгоритмов учета погрешности, вызываемой наклоном стержневого указателя, возникает задача по конечному числу значений амплитуд сигналов ЭДС взаимной индукции e_1, e_2, \dots, e_n , отвечающих вполне определенным значениям ординат координатных шин y_1, y_2, \dots, y_n , восстановить аналитическую форму огибающей этих сигналов. Сравнительно просто эта задача решается путем кусочной аппроксимации огибающей квадратичными параболоми

$$\begin{aligned} \varphi_1(y) &= a_1 y^2 + b_1 y + c_1, & y < 0, \\ \varphi_2(y) &= a_2 y^2 + b_2 y + c_2, & y \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Коэффициенты $a_i, b_i, c_i, i = 1, 2$ находятся из систем линейных уравнений по способу наименьших квадратов.

Качественная оценка нахождения экстремумов функции огибающей

шей в соответствии с (7) показала, что для сетки координатных шин, уложенных с шагом $\Delta = 5$ мм, и взаимодействующего с ними кольцевого контура радиуса $r = 3.7$ мм, удаленного по оси стержневого указателя на $H = 10$ мм от его острия, при $\theta = 30^\circ$ и $\psi = 15^\circ$ в результате аппроксимации огибающей функциями (7) по четырем расположенным слева и справа от ее нуля узлам, найденно $\varphi_{min} = -0.225$, $\varphi_{max} = 0.360$. Точное значение экстремумов $\varphi_{min} = -0.222$ и $\varphi_{max} = 0.354$. Относительная ошибка составляет приемлемые величины, соответственно 1.13% и 1.35%.

Рассмотрена аппроксимация огибающей дробно - рациональной функцией вида

$$F(y) = \frac{A y + B}{y^2 + C y + D}, \quad (8)$$

где $4D - C^2 > 0$.

В предположении, что $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - значения функции огибающей, попарно расположенные слева и справа от ее нуля, для нахождения коэффициентов A, B, C, D , получены формулы

$$\begin{aligned} A &= \frac{6\Delta}{E} (\varphi_1 \varphi_2 (2\varphi_2 - \varphi_3) + \varphi_3 \varphi_4 (\varphi_2 - 2\varphi_1)), \\ B &= \frac{12\Delta^2}{E} (\varphi_1 \varphi_2 (\varphi_3 - \varphi_4) + \varphi_3 \varphi_4 (\varphi_2 - \varphi_1)), \\ C &= \frac{3\Delta}{E} (\varphi_2 (\varphi_1 + 3\varphi_4) - \varphi_3 (\varphi_2 + 3\varphi_1)), \\ D &= \frac{2\Delta^2}{E} (\varphi_1 (9\varphi_3 - \varphi_4) + \varphi_2 (9\varphi_4 - 4\varphi_3) + \varphi_3 (\varphi_2 - 16\varphi_1)), \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$E = \varphi_1 (\varphi_2 + 8\varphi_4) + \varphi_2 (8\varphi_3 - 9\varphi_1) + \varphi_3 (\varphi_4 - 9\varphi_1)$$

На основе дробно - рациональной аппроксимации найдены углы наклона ψ и θ стержневого указателя координат

$$\psi = \alpha \arccos \frac{0.5(4D_1 - C_1^2)^{1/2} - z_0}{H},$$

$$\theta = \alpha \arccos \frac{A_1 C_1 - 2B_1}{2r^2 \sin \psi (4D_1 - C_1^2)^{1/2}} \quad (10)$$

Несмотря на удовлетворительное приближениегибающей функцией вида (8), на практике углы ψ и θ все же могут несколько отличаться от истинных. Это связано с тем, что входящие в выражения (9) значения аппроксимируемой функции в узлах аппроксимации подлежат измерению в условиях воздействия множества дестабилизирующих факторов и поэтому точно не известны. Решена задача подбора для формулы (8) таких значений параметров A_i , B_i , C_i , D_i при которых последняя наилучшим образом согласуется с результатами аппаратурных замеров φ_i , $i = \overline{1, n}$, $n > 4$.

Получены окончательные выражения для аппаратурно - программного нахождения координат считываемой точки M графического изображения

$$x_M = N_x \Delta - \frac{B_2}{A_2} - z_0 \frac{2B_2 - A_2 C_2}{A_2 (4D_2 - C_2^2)^{1/2}},$$

$$y_M = N_y \Delta - \frac{B_1}{A_1} - z_0 \frac{2B_1 - A_1 C_1}{A_1 (4D_1 - C_1^2)^{1/2}},$$

$$(11)$$

где N_x и N_y - числа целых шагов Δ , задающих положение координатной системы, в которой выполнена аппроксимация, по отношению к координатной системе планшета, A_i , B_i , C_i , D_i , $i = \overline{1, 2}$ - коэффициенты дробно - рациональной функции вида (8).

Аппаратурная реализация соотношений (II) предполагает выполнение следующих приемов и операций: разбиение поля считывания на дискретные участки, формирование электромагнитного поля на каждом участке с помощью последовательности опрашивающих импульсов, преобразование электромагнитного поля в электрические импульсы, преобразование аналоговых значений импульсов в цифровой эквивалент, аппроксимация полученной последовательности кодовых эквивалентов измеренных амплитуд дробно - рациональной функцией вида (8), нахождение координат считываемых точек из формул (II).

Принцип действия УТВ, реализующего эту последовательность действий, поясняется структурной схемой, приведенной на рис. 2. В разработанной схеме первичным контуром, генерирующим электромагнитное поле, является катушка индуктивности, расположенная в указателе координат и запитываемая синусоидальным сигналом $e = E \sin f_k t$ от синхрогенератора. Опорную частоту f_{0m} синхрогенератор получает с таймера микропроцессорной системы управления. Вторичным контуром, преобразующим электромагнитное поле в электрический сигнал, являются поочередно опрашиваемые координатные шины планшета.

Считанный с координатных шин и усиленный сигнал поступает на синхронный детектор, выходной сигнал которого повторяет или инвертирует гармоники входного сигнала в зависимости от значения управляющего сигнала синхрогенератора. После сглаживания высокочастотных колебаний фильтром верхних частот с усилением сигнал поступает на аналого - цифровой преобразователь (АЦП), который производит измерение его амплитуды. Полученная последовательность кодовых эквивалентов измеренных амплитуд обрабатывается микропроцессорной системой управления в соответствии с формулами

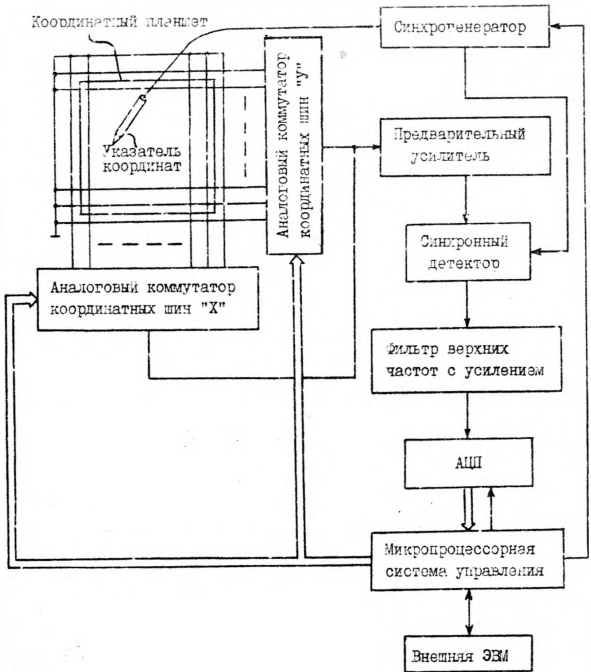


Рис. 2. Структурная схема планшетного УВБ со стержневым указателем координат.

(9) и (II) с последующей передачей вычисленных координат в регистрирующее устройство.

Экспериментальная проverka результатов теоретических исследований подтвердила достоверность разработанной математической модели взаимодействия индукционных контуров УТВ и полученных выражений для определения координат считываемой точки стержневым указателем. Достигнутая точность считывания с учетом вариаций углов наклона указателя в пределах $0 \leq \Psi < 45^\circ$ и $0 \leq \theta < 360^\circ$ составила ± 0.3 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретической основой анализа и проектирования электромагнитных УТВ является математическое моделирование результатов взаимодействия их индукционных систем. Полученные аналитические соотношения определяют значения индуцируемых ЭДС при произвольных положениях взаимодействующих контуров по отношению друг к другу и позволяют выполнить переход от многомерных интегралов общего случая индукционного взаимодействия линейных контуров к простым интегралам либо конечным комбинациям элементарных функций.

2. Найдена погрешность считывания стержневым указателем как функция его угловой ориентации и расстояния между острием указателя и плоскостью расположения координатных шин планшета в предположении, что процедура считывания координат основана на определении нулей огибающих импульсных последовательностей сигналов ЭДС, индуцированных в катушке съемника полтии поочередно возбуждаемых координатных шин.

3. Предложено несколько вариантов исходных соотношений, определяющих поправку к считываемой координате, вытекающих из свойств огибающих сигналов ЭДС, индуцированных в однокатушечном

датчике, и их аналитических преобразований. Эти соотношения выводят на различные варианты аппаратурно-программного учета наклонов стержневых указателей путем использования современной микропроцессорной техники.

4. Получено и экспериментально проверено простое аналитическое выражение для определения погрешности, вызываемой наклоном стержневого указателя координат с датчиком малого радиуса, по известным отношениям экстремальных значений отгибающих функций.

5. Предложен способ компенсации погрешности наклона стержневого указателя координат на основе гармонического разложения отгибающей по дискретному множеству импульсных сигналов ЭДС, который также приводит к построению УТВ с инвариантными к наклонам стержневыми указателями координат.

6. Исследованы варианты для аппаратурно-программного учета наклона стержневого указателя в процессе считывания координат на основе аппроксимации отгибающих квадратичными парабололами и дробно-рациональными функциями.

7. Предложено и реализовано построение планшетного УТВ с однокатушечным датчиком стержневого указателя координат с оперативным вычислением корректирующих функций в процессе считывания.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ АВТОРА:

1. Основы построения индукционных планшетных устройств ввода графической информации со стержневыми указателями координат: Отчет о НИР (промежуточ.) / АН БССР, Ин-т техн. кибернетики; Руководитель О.И.Семенков; № ГР 02840031392; Инв. № 1810.- Минск, 1983.- С. 32.

2. Локтионов А.В., Лабовкин В.Н. Расчет кинематических пара-

метров исполнительного механизма матричным методом в общем случае его движения// Методические материалы по вопросам преподавания теоретической механики в высшей школе.- Минск, 1984.- С. 100-106.

3. Принципы создания индукционных планшетных устройств ввода с цифровой коррекцией кодов считывающих координат: Отчет о НИР (промежуточ.) / АН БССР, Ин-т техн. кибернетики; Руководитель О.И.Семенов; № ГР 81076637; Инв. № 1932.- Минск, 1984.- С. 35.

4. Алексеев Г.И., Лабовкин В.Н. Принципы построения индукционных планшетных УТВ с однокатушечными датчиками стержневых указателей координат// Тез. докл. II-ой Всесоюз. конф. "Методы и средства обработки сложной графической информации".- Горький, 1985.- С. 289-290.

5. Алексеев Г.И., Лабовкин В.Н. Основы построения электромагнитных планшетных УТВ со стержневыми указателями координат. Глава 5// Алексеев Г.И. Электромагнитные планшетные устройства ввода.- Минск: Наука и техника, 1985.- С. 197-227.

6. Исследование принципов создания автоматизированного планшетного устройства ввода графических данных в ЭВМ с индуктивным датчиком: Отчет о НИР (промежуточ.) / АН БССР, Ин-т техн. кибернетики; Руководитель О.И.Семенов; № ГР 81076637; Инв. № 1996.- Минск, 1985.- С. 57.

7. Лабовкин В.Н. Математическое моделирование измерительных систем планшетных устройств ввода со стержневыми указателями координат// Тез. докл. науч.-метод. конф. "Эргономическое обеспечение проектирования и эксплуатации изделий машиностроения".- Минск, 1988.- С. 56-57.

8. Алексеев Г.И., Лабовкин В.Н. Аппаратурно-программная коррекция методической погрешности индукционного планшетного устройства ввода со стержневым указателем координат// Тез. докл.

науч.-метод. конф. "Эргономическое обеспечение проектирования и эксплуатации изделий машиностроения". - Минск, 1986. - С. 6-7.

9. Алексеев Г.И., Царовкин В.И. Спределение угловой ориентации стержневого указателя координат индукционного кодировщика на основе гармонического анализа отгибающей наведенных ЭДС// Вестн АН БССР. Сер. фИз.- техн. наук.- 1989.- № 3.- С. 98-102.

Г.И. Алексеев

Подписано к печати 13.02.90. Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага типографская. Офсетная печать. Уч. изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Зак. 10

Бесплатно

Отпечатано на ротапринтере Института технической кибернетики
АН БССР, 220605, г. Минск, ул. Сурганова, 6