

В.Б. НЕРСИСЯН

## МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Рассматриваются некоторые конструкции магнитных цепей функциональных преобразователей с переменной структурой. Сравниваются их функциональные возможности. В частности, приводятся конструкции с магниторезисторами, датчиками Холла, набором основных и дополнительных контуров. Наилучшими показателями по воспроизведению заданной функциональной зависимости обладает преобразователь трансформаторного типа малых перемещений.

**Ключевые слова:** переменная структура, функция, гальваномагнитные, трансформаторные, функциональные преобразователи.

В информационно-измерительных системах (ИИС) наиболее перспективными являются измерительные функциональные преобразователи (ФП) с переменной структурой, у которых алгоритм функционирования может быть изменен в любой требуемый момент времени без изменения конструктивной и схемной основы системы. В связи с этим весьма актуальной является задача разработки различных типов измерительных преобразователей с переменной структурой, составляющих элементную базу ИИС.

Такая задача для ФП больших перемещений была поставлена и решена в ряде известных работ [1 и др.]. Однако при конструировании ФП необходим качественно новый подход, заключающийся в существенном увеличении разрешающей способности в малом диапазоне перемещения. Рассмотрим некоторые возможные конструкции преобразователей, у которых выходная характеристика может быть изменена на любом требуемом участке в сравнительно малом диапазоне перемещения.

Повышение точности обычных ФП с жесткой характеристикой ограничено технологическими трудностями, поскольку в этом случае допуски на изготовление отдельных элементов ФП должны быть очень жесткими. Располагая функциональным преобразователем с переменной структурой (ФППС), принципиально можно устранить все систематические погрешности до уровня случайных. Используя основные принципы построения ФППС, рассмотрим некоторые конструктивные разновидности преобразователей как с непосредственной, так и с дистанционной перестройкой функции преобразования.

**Гальваномагнитные ФППС.** На рис.1 схематично показана конструкция ФППС с магниторезисторами [2], содержащая магнитопровод 1 с обмоткой возбуждения 2. В зазоре магнитопровода расположена часть кассеты 4 с набором магниторезисторов 3, каждый из которых закреплен в каркасе с помощью поворотных осей 5. Магниторезисторы включены последовательно между собой и являются плечом моста 6.

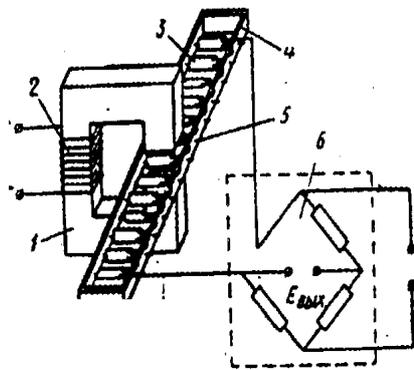


Рис. 1. ФППС с магниторезисторами

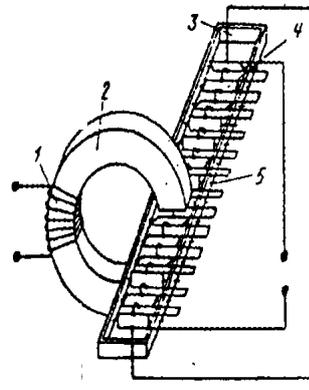


Рис. 2. ФППС с датчиками Холла

Устройство работает следующим образом. При подаче в обмотку возбуждения 2 постоянного тока в зазоре магнитопровода образуется магнитный поток, пронизывающий соответствующий магниторезистор. При перемещении кассеты 4 в плоскости зазора все магниторезисторы поочередно пронизываются магнитным потоком. Сопротивление магниторезистора зависит не только от магнитного поля, но и от угла наклона плоскости магниторезистора относительно направления магнитного поля. Меняя угол наклона каждого магниторезистора, находящегося при данной координате перемещения в зазоре магнитопровода, подбирают его сопротивление, что обеспечивает необходимое изменение ЭДС в диагонали моста.

Таким образом, при перемещении кассеты 4 получим требуемое изменение выходной ЭДС; при этом имеется возможность ее регулировки на любом участке. Выходная ЭДС может быть получена как по переменному, так и по постоянному току, что зависит от вида напряжения, подключаемого к мосту 6.

Применение вместо магниторезисторов датчиков Холла позволяет создать более простую конструкцию ФППС без мостовой схемы (рис.2).

Датчики 4 укреплены в каркасе 3 с помощью поворотных осей 5. Обмотка возбуждения 1 размещена на С-образном магнитопроводе 2. На управляемые элементы, соединенные между собой последовательно, подается напряжение, а с выходных клемм, соединенных таким же образом, снимается ЭДС Холла при перемещении либо магнитной системы, либо каркаса с датчиками Холла, причем, как и в предыдущем случае, вид выходной ЭДС зависит от углов наклона элементов Холла.

Наличие управляющих элементов Холла позволило создать конструкции ФППС с дистанционной регулировкой функции преобразования (рис.3).

Магнитная система преобразователя состоит из постоянного магнита 1 и двух Г-образных магнитопроводов 2 из магнитомягкого материала, скрепленных с соответствующими полюсами постоянного магнита.

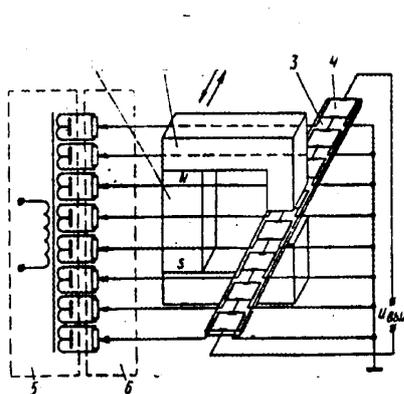


Рис.3. ФППС с управляемыми датчиками Холла

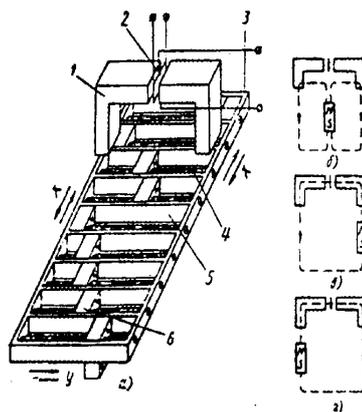


Рис.4. ФППС с набором подвижных магнитов

В зазоре магнитной системы на изоляционной пластине 3 расположены датчики Холла 4 с последовательным включением выходных зажимов. Управляющий ток подается на каждый датчик Холла с соответствующих вторичных обмоток трансформатора 5. Резисторы 6 предназначены для регулировки управляющего тока.

Магнитный поток пронизывает соответствующий датчик Холла, находящийся в зазоре магнитопровода при данной координате перемещения магнитопровода 2 или пластины 3. Выходная ЭДС при этом определяется значением магнитного поля и величиной управляющего тока. Изменяя с помощью резисторов 6 управляющий ток каждого датчика, получаем требуемое изменение величины ЭДС на выходе устройства.

Таким образом, при взаимном перемещении магнитной системы и наборе датчиков Холла получаем требуемое изменение выходной ЭДС. При этом существует возможность дистанционной регулировки на любом участке.

Возможна также конструкция ФППС с непосредственной и дистанционной регулировкой одновременно. Непосредственная местная регулировка осуществляется с помощью поворотных осей до установки ФППС на объекте, а дистанционная - во время эксплуатации, когда не имеется доступа к устройству. В данном случае получаем комбинированное регулирование характеристики, что расширяет функциональные возможности преобразователя, но конструкция при этом несколько усложняется.

Малые резисторы гальваномагнитных датчиков позволяют создать многоканальные и многофункциональные преобразователи, реализующие ансамбли функций. Это обеспечивает возможность решать задачи, свойственные достаточно сложным ИИС.

С целью увеличения надежности и уменьшения стоимости в качестве подвижных элементов используют наборы магнитов или ферромагнитных шунтов. Одна из конструкций с магнитопроводом и датчиком Холла приведена на рис. 4а.

Подвижным элементом является набор постоянных магнитов 6, установленных на общем каркасе 3 с помощью винтов 4. Направляющие 5 служат для предотвращения поворота магнитов вокруг винтов. При перемещении каркаса с магнитами по координате  $\chi$  происходит перераспределение потока, пронизывающего датчик Холла 2, находящийся в зазоре магнитной системы 1. Перераспределение потока при расположении магнита в зоне действия чувствительного элемента показано на рис. 4 б, г. При перемещении постоянного магнита в направлении  $y$  магнитные силовые линии могут не пересекать плоскость датчика Холла (рис.4б), пересекать ее справа налево (рис.4в) или слева направо (рис.4г). Получающиеся при этом кривые зависимости напряжения Холла от перемещения магнита имеют вид положительной и отрицательной полувольт. Отличительными признаками этих кривых являются большая крутизна в окрестности нуля и наличие экстремума.

При перемещении каркаса с магнитами по координате  $\chi$  величина ЭДС на выходе преобразователя изменяется по закону, зависящему от взаимного расположения магнитов. Изменяя при помощи винтов местоположение магнитов, можно получить практически любую функциональную зависимость.

Сильная температурная зависимость, временная нестабильность выпускаемых гальваномагнитных элементов накладывают ограничения на применение их в ФППС, однако успехи полупроводниковой техники позволяют очистить их перспективными элементами.

Аналогичным образом могут быть построены терморезистивные ФППС, где в качестве регулируемых элементов используют наборы терморезисторов, перемещающихся относительно нагревательной нити.

**Трансформаторные ФППС.** Трансформаторные ФППС получили в ИС наибольшее распространение. Это объясняется прежде всего их преимуществами по сравнению с другими типами преобразователей с переменной структурой: простотой и высокой надежностью при малых габаритах, стабильностью в работе, низкой чувствительностью к изменению условий окружающей среды, низкой стоимостью и пр.

На рис. 5 схематично показана конструкция ФППС с повышенной надежностью, состоящего из Ш-образного магнитопровода 2, выходных обмоток 1 и 5, включенных последовательно и встречно, обмотки возбуждения 3, каркаса 4 с набором ферромагнитных шунтов 6 и винтов 7, позволяющих изменить взаимное расположение шунтов на общем каркасе. Магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения 3, распределяется в крайних сердечниках Ш-образного магнитопровода на потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , которые, будучи сцеплены с обмотками 1 и 5, индуцируют в них частичные ЭДС  $E_1$  и  $E_2$ . Результирующее значение ЭДС вследствие противоположного направления  $E_1$  и  $E_2$  равно их разности и зависит от положения ферромагнитного шунта, находящегося под Ш-образным магнитопроводом. Располагая шунты соответствующим образом, получаем требуемое изменение ЭДС при перемещении каркаса по координате  $\chi$ .

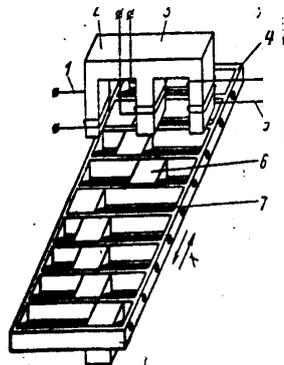


Рис.5. Конструкция ФППС с I-образным магнитопроводом

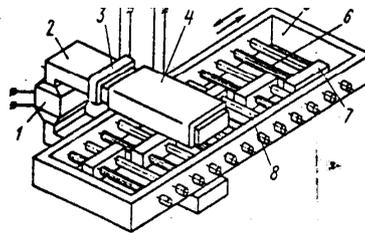


Рис.6. ФППС с набором ферромагнитных шунтов

Конструкция ФП с набором ферромагнитных шунтов показана на рис.6. На I-образный магнитопровод 2 укладываются обмотка возбуждения 1, создающая рабочий магнитный поток, и измерительная обмотка 4, равномерно распределенная вдоль одного из стержней магнитопровода. На общем каркасе 5 расположены ферромагнитные шунты 7, которые можно перемещать в поперечном направлении с помощью винтов 6. Оси 8 служат для предотвращения поворота шунтов вокруг своей оси. Компенсационная обмотка 3 служит для компенсации начального значения ЭДС, вызываемой потоками рассеяния. При перемещении магнитопровода 2 вдоль каркаса 5 рабочий магнитный поток пронизывает различное число витков измерительной обмотки 4, определяемое взаимным расположением шунтов 7. При вращении винтов происходит перемещение ферромагнитных шунтов, что позволяет установить их по требуемому закону. Взаимное расположение шунтов и определяет соответствующее изменение выходной ЭДС. Данная конструкция ФП имеет широкие функциональные возможности, высокую надежность и используется как задатчик программ, генератор специальных импульсов и т.д.

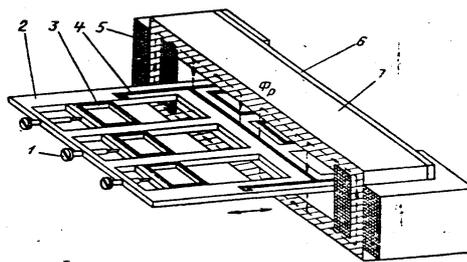


Рис.7. ФППС малых перемещений

На рис. 7 представлена конструкция трансформаторного регулируемого преобразователя малых перемещений [3]. Магнитопровод 7 имеет O-образную форму и содержит две секции обмотки возбуждения 5, соединенные последовательно и встречно. В зазоре преобразователя расположена изоляционная рамка 2 с прямоугольным основным контуром 4, пронизываемым потоком  $\Phi_r$ . Контур 4 состоит из двух прямоугольных измерительных обмоток, соединенных встречно.

Это определяет линейный характер ЭДС при перемещении контура 4 от его среднего положения. На изоляционной рамке 2 расположены также корректирующие контуры 3, которые можно перемещать один относительно другого с помощью винтов 1. Для уменьшения потоков выпучивания предусмотрены боковые электромагнитные экраны 6.

При перемещении изоляционной рамки 2 или магнитопровода 7 за счет основного контура 4 на выходе получаем линейную характеристику. Одновременно за счет контуров 3 появляются дополнительные ЭДС, включенные согласно или встречно с основной ЭДС контура, что обуславливает подъем или опускание характеристики на требуемых участках. Моменты появления дополнительных ЭДС определяются положением корректирующих контуров относительно друг друга и основного контура. Сравнительный анализ магнитных цепей ФППС различных типов [4] показал, что по функциональным возможностям преобладают преобразователи малых перемещений с применением основных и дополнительных контуров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Куликовский Л.Ф., Конюхов Н.Е., Медников Ф.М.** Трансформаторные функциональные преобразователи с профилированными вторичными контурами.- М.: Энергия, 1971.- 103 с.
2. А.с 437096 (СССР). Функциональный преобразователь перемещений / **Нерсисян В.Б.** и др. Опубл. в.Б.И. - 1974г. - № 27.
3. А.с. 452838 (СССР). Функциональный преобразователь перемещений / **Нерсисян В.Б.** и др. Опубл. в.Б.И. - 1975.- № 45.
4. **Нуберт Г.П.** Измерительные преобразователи неэлектрических величин.-М.: Энергия, 1970.- 360 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 10.09.2000.

#### Վ.Բ. ՆԵՐՏԻՍՅԱՆ

#### ՓՈՓՈՒՄԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՈՎ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՁԵՎԱՓՈՒԽՉՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՇՂԹԱՆԵՐԸ

Քննարկվում են փոփոխական կառուցվածքով ֆունկցիոնալ ձևափոխիչների մագնիսական շղթաների որոշ կոնստրուկցիաներ: Մագնիսառեզիստորային, հոլի տվիչով, շարժական մագնիսներով, շարժական ֆեռոմագնիսական շունտերով և, շարժական կոնտուրներով ֆունկցիոնալ ձևափոխիչների համեմատությունից պարզվում է, որ լավագույն ֆունկցիոնալ ձևափոխման հնարավորություններով օժտված են տրանսֆորմատորային ձևափոխիչները:

#### V.B. NERSESSYAN

#### MAGNETIC CIRCUITS OF SOME FUNCTION GENERATORS WITH A VARIABLE STRUCTURE

Some function generator designs with a variable are considered. Their functional capabilities are compared. In particular, constructions with magnetoresistors, Hall sensors, a set of main and supplementary profiles are given. The transformer type converter with small travels has the best results of indices for the given functional dependence reproduction.