

от 0,1 до 1 мсек. Основная погрешность 0,1%. Подсистема полностью выполнена на интегральной элементной базе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Орлов - Шулькин В.В. Согласование датчиков с машинами централизованного контроля. М., "Энергия", 1972.

2. Болтянский А.А. и др. Многоканальный измерительный преобразователь с параметрическими датчиками. "Измерительная техника", 1974, № 9, с. 38-40.

3. Болтянский А.А. и др. Коммутатор. Авт.свид. № 493917, ОИПОТЗ, 1975, № 44.

4. Современные методы и аппаратура для измерения усилий. Обзорная информация. ТС-7 "Машины и приборы для измерения механических величин". ЦНИИЭИприборостроения, М., 1975.

УДК 681.3

В.К. Компанец

ДУХТАКТНЫЙ МАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ ТЕРМОПАР

При работе измерительного преобразователя с термопарами, имеющими электрический контакт с контролируемой поверхностью, возникает проблема гальванического разделения входных и выходных цепей для уменьшения продольных помех [1]. Чаще всего продольные помехи не превышают уровня долей и единиц вольт [2]. Задача их подавления успешно решается применением разделительных и емкостных трансформаторов с использованием бесконтактных ключей. В ряде случаев продольные помехи могут достигать десятков вольт [1]. В этом случае бесконтактная коммутация сигнала весьма затруднена.

Наилучшее подавление продольных помех достигается использованием магнитных преобразователей, выполненных на сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса [3,4]. При работе с термопарами наиболее быстродействующими и точными являются двухтактные магнитные преобразователи (ДМП) [5]. В настоящей статье подробно рассматривается работа ДМП, приводятся его основные характеристики, такие как чувствительность и быстродействие.

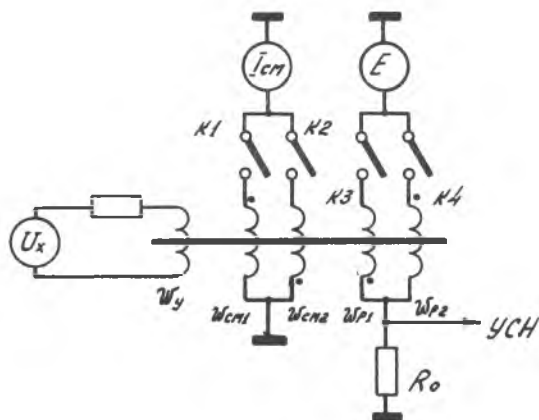


Рис. 1.

Принципиальная схема ДМП представлена на рис.1.Здесь же приведены магнитная характеристика $B(H)$ сердечника и рис.2 временные диаграммы работы ДМП. Преобразователь выполнен на сердечнике с прямоугольной петлей гистерезиса и содержит управляющую обмотку W_u , две одинаковые рабочие обмотки $W_{р1}$ и $W_{р2}$ и две обмотки смещения $W_{сн1}$ и $W_{сн2}$, подключаемые с помощью ключей $K1$ и $K2$ к источнику тока смещения $I_{см}$.

В исходном состоянии ключ $K1$ замкнут, остальные ключи разомкнуты. Магнитное состояние сердечника характеризуется точкой I на петле гистерезиса $B(H)$ и диаграмме $H(t)$: $H_1 = H_{сн} + H_u$, где $H_u = U_x \frac{W_u}{e \cdot Z_u}$, $H_{сн} = I_{см} \cdot \frac{W_{сн}}{e}$ - напряженности магнитного поля, создаваемого обмотками смещения и управления; U_x - преобразуемое напряжение; e - длина средней линии сердечника; $W_{сн}$, W_u - число витков обмотки смещения и управления; Z_u - сопротивление цепи управления. Ток в цепи рабочей обмотки равен нулю. Цикл пре-

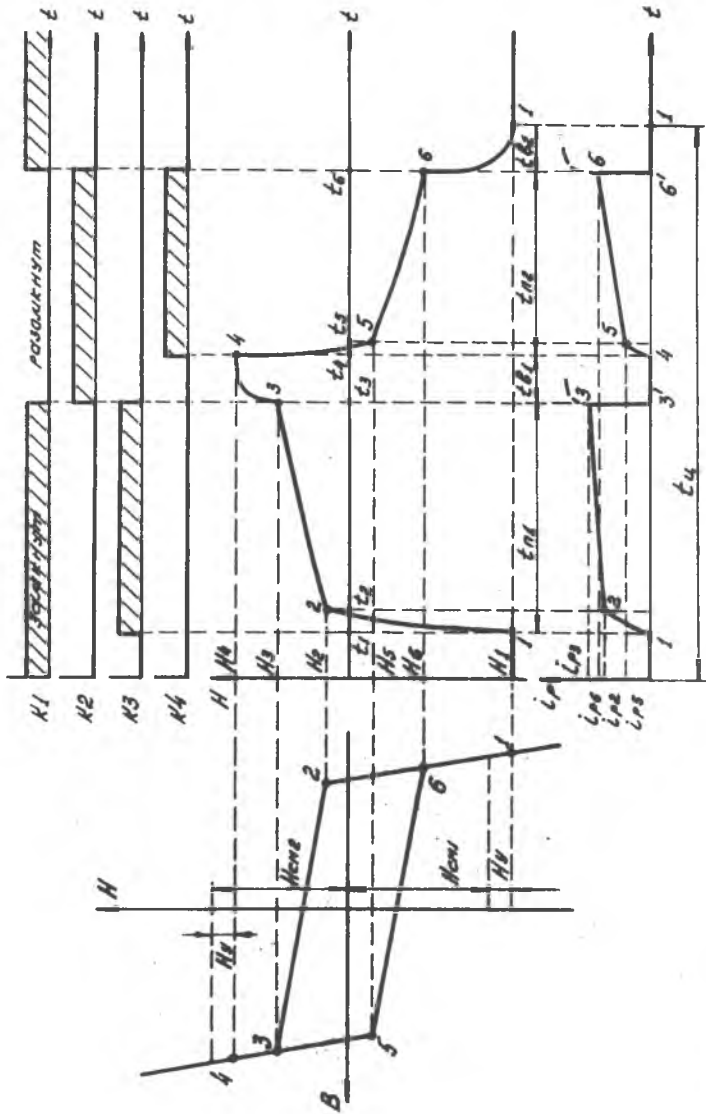


Рис. 2.

образования состоит из двух тактов. В течение первого такта сердечник перематничивается по участкам 1-2, 2-3 и 3-4. Во втором такте перематничивание происходит по участкам 4-5, 5-6 и 6-1. Первый такт начинается с момента t_1 замыканием ключа КЗ. Так как магнитная проницаемость μ_H на участке 1-2 мала, то в сердечнике происходит быстрое увеличение напряженности с H_1 до H_2 . Соответственно, ток в рабочей обмотке возрастает до величины i_{p2} . В момент времени t_2 рабочая точка сердечника переходит на крутую ветвь характеристики В(Н), магнитная проницаемость μ резко возрастает и напряженность поля медленно увеличивается до H_3 . Ток i_p медленно нарастает до i_{p3} . В момент t_3 сердечник входит в насыщение, что сопровождается из-за резкого уменьшения магнитной проницаемости скачком напряженности и тока i_p . Ключи К1 и К3 размыкаются, К2 замыкается. Ток i_p падает до нуля. С момента t_3 до t_4 происходит быстрое увеличение (т.к. μ_H мало) напряженности H до величины $H_4 = H_{cm} - H_y$. Моментом времени t_4 заканчивается первый такт преобразования. В первом такте в течение времени $t_{m1} = t_3 - t_1$ происходит преобразование сигнала U_x и $t_{61} = t_4 - t_3$ восстановление схемы ДМП, т.е. затухание переходных процессов.

Второй такт начинается в момент t_4 замыканием ключа К4. Сердечник быстро перематничивается по участку 4-5, напряженность магнитного поля уменьшается до величины H_5 , а ток i_p возрастает до i_{p5} . При переходе рабочей точки сердечника на участок 5-6 μ резко увеличивается и за время $t = t_6 - t_5$ напряженность поля медленно уменьшается до H_6 . В точке 6 резкое уменьшение μ сопровождается скачком H и i_p . Ключи К2 и К4 размыкаются, ключ К1 замыкается и за время $t_{m2} = t_7 - t_6$ происходит восстановление схемы ДМП. В результате рабочая точка сердечника переходит в точку I, а напряженность становится равной $H_1 = H_{cm} + H_y$.

Информативной величиной является разность, получаемая в кодированном виде в реверсивном счетчике

$$t_n = |t_{m1} - t_{m2}|. \quad (I)$$

Магнитная проницаемость μ_H в области насыщения на два-три порядка ниже проницаемости μ ненасыщенного сердечника. Поэтому временем перематничивания сердечника по участкам 1-2 и 4-5 можно пренебречь и принять $t_{m1} = t_3 - t_2$, $t_{m2} = t_6 - t_5$. Полагая

на участках 2-3 и 5-6 $\mu = const$, получим

$$t_{m1} = \zeta \cdot \ell n \frac{H_p - H_{cm} - H_c - H_y + H_a}{H_p - H_{cm} - H_c - H_y - H_a} \quad (2)$$

$$t_{m2} = \zeta \cdot \ell n \frac{H_p - H_{cm} - H_c + H_y + H_a}{H_p - H_{cm} - H_c + H_y - H_a} \quad (3)$$

где $\zeta = \frac{\mu S}{e} \left(\frac{W_p^2}{\zeta_p} + \frac{W_y^2}{\zeta_y} \right)$ - постоянная времени схемы; $H_p = E \frac{W_p}{\ell \zeta_p}$ - напряженность магнитного поля рабочей обмотки в установившемся режиме; H_c - коэрцитивная сила; $H_a = B_2 / \mu$; B_2 - остаточная индукция; μ - магнитная проницаемость на активном участке кривой $B(H)$; S - сечение сердечника; W_p , ζ_p - соответственно число витков и сопротивление цепи рабочей обмотки.

Уравнение преобразования может быть получено из (1) после разложения (2) и (3) в ряд Тейлора и отбрасывания членов высшей степени малости: $t_n = S_u \cdot U_n$,

где $S_u = 4\zeta \frac{W_y}{e \zeta_y} \cdot \frac{H_a}{H_0^2 - H_0}$ - чувствительность ДМП по напряжению сигнала; $H_0 = H_p - H_{cm} - H_c$.

Из (4) следует, что двухтактный магнитный преобразователь отличается линейной градуировочной характеристикой и отсутствием дрейфа нулевого уровня. В практических реализациях нелинейность градуировочной характеристики ДМП не превышает 0,1%. Чувствительность по напряжению составляет не менее 50 единиц цифрового эквивалента на 1 мВ входного сигнала в диапазоне от -50 до +50 мВ. Аддитивные погрешности за счет разброса параметров обмоток в диапазоне окружающих температур $\pm 60^\circ\text{C}$ составляет 0,1 - 0,2 %.

Быстродействие ДМП определяется временем цикла преобразования t_{cy} , т.е. временем преобразования и временем восстановления схемы

$$t_{cy} = t_{m1} + t_{m2} + t_{b1} + t_{b2}.$$

Практически время восстановления $t_{b1} = t_{b2} = 5\zeta n$ в существующих реализациях не превышает единиц миллисекунд. Суммарное время преобразования на обоих тактах $T_n = t_{m1} + t_{m2}$ определяется путем разложения (2) и (3) в ряд Тейлора: $T_n = 2\ell n \frac{H_0 + H_a}{H_0 - H_a}$.

В свою очередь разложением логарифмической функции в ряд последнее выражение сводится к виду: $T_n = 4\zeta n a / H_0$

$$\text{или } T_n = S_v \frac{e z y}{W y} \cdot \frac{H_0^2 - H_a^2}{H_0}$$

Для материала с прямоугольной петлей гистерезиса $H_a = 0$, поэтому время цикла преобразования

$$t_{cy} = S_v \frac{e z y}{W y} H_0 + 10 \tau_H, \quad \text{где } \tau_H = \frac{M_H S}{e} \cdot \frac{W y^2}{T y}$$

В практических реализациях T_n соизмеримо с τ_B и время цикла не превышает 10-20 мсек. Последнее выражение показывает, что это время может быть уменьшено выбором материала сердечника ДМП с максимальным коэффициентом прямоугольности петли гистерезиса и снижением чувствительности преобразователя.

Входное сопротивление преобразователя определяется омическим сопротивлением обмотки управления. В (6) показано, что максимальная чувствительность преобразователя достигается в случае равенства входного сопротивления и внутреннего сопротивления источника сигнала, включая сопротивление линии связи. Таким образом, максимальная чувствительность преобразователя получается в условиях максимального отбора мощности от источника сигнала. Это обстоятельство позволяет рассматривать ДМП как преобразователь мощности источника сигнала. Увеличение входного сопротивления включением добавочных резисторов в цепи управляющей обмотки приводит к снижению чувствительности.

Описанный двухтактный магнитный преобразователь может найти применение при работе с термодарами в условиях значительных продольных помех при автоматизации экспериментальных исследований летательных аппаратов и сложных физических объектов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Управляющие вычислительные машины в АСУ технологическими процессами. Под ред. Т.Харрисона. Пер. с англ. Под ред. И.М.Шенбрата, М.В.Гальперина. Том I, "Мир", 1975.
2. Солодов Ю.С. Помехозащищенность измерительных цепей систем обгоняющего контроля. "Измерительная техника", 1965, № II.
3. Мочалов В.Д. Магнитные интегрирующие схемы вычислительной техники и автоматизации. М., "Энергия", 1968.
4. Еремеев И.С. Магнитные преобразователи информации. М., "Энергия", 1967.

5. Компанец В.К. Измерительный преобразователь на магнитных элементах для сигналов термопар. "Обработка информации в автоматических системах". Межвузовский сборник статей, вып.3, Рязань, 1976.

6. Капитонова Л.М., Компанец В.К., Старобинский Н.М. Влияние геометрических размеров сердечников на чувствительность магнитно-транзисторных инверторов. "Автоматические измерительные и регулирующие устройства". Научные труды вузов Поволжья, вып.7, Куйбышев 1974.

УДК 681.374.387

В.Г.Иоффе, А.В.Логвинов, Ю.В.Шеничкинов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ В АМПЛИТУДНЫХ НОРМАЛИЗАТОРАХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

В настоящее время наибольшее применение в технике АЦЦ получили амплитудные нормализаторы, преобразующие входной импульсный сигнал в квазипостоянное напряжение или временной интервал. Как правило, в подобных нормализаторах производится заряд накопительной емкости до амплитудного значения входного импульса и затем накопленный заряд хранится в течение необходимого времени /аналоговое запоминающее устройство/ или эта емкость разряжается стабильным током /амплитудно-временной преобразователь/.

При проектировании указанных устройств на интегральных операционных усилителях в связи с их относительно невысоким быстродействием возникают трудности при преобразовании импульсов наносекундного и микросекундного диапазона. Поэтому представляется достаточно важной задача максимального использования частотных свойств усилителя, а также синтеза оптимального процесса заряда накопительной емкости.

Рассмотрим процесс заряда накопительной емкости на примере аналогового запоминающего устройства /АЗУ/. Структурная схема АЗУ приведена на рис.1, где интегральный операционный усилитель ОУ представлен в виде каскадного соединения безынерционного звена и линейных звеньев, характеризующих его инерционные свойства. Подобная замена не вносит существенной погрешности, т.к. область линейного усиления не превышает единиц милливольт. Значения τ и t_0