

МАГНИТНЫЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ю. М. АГЕЕВ

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

Магнитный широтно-импульсный преобразователь постоянного тока, предназначенный для преобразования постоянных или медленно меняющихся токов в длительность импульсов напряжения, относится к измерительным устройствам, применяемым в цифровой измерительной и информационной технике, телемеханике и промышленной автоматике. Поэтому указанное устройство должно удовлетворять целому комплексу требований, предъявляемых к измерительным устройствам, главными из которых являются чувствительность, линейность характеристик, стабильность и т. п. Известные магнитные широтно-импульсные преобразователи практически невозможно использовать для измерения слабых постоянных токов и напряжений ввиду их невысокой чувствительности, а электронные и полупроводниковые преобразователи являются устройствами весьма сложными и дорогостоящими.

Описанный ниже магнитный широтно-импульсный преобразователь позволяет получать на выходе двухполярные импульсы напряжения постоянной амплитуды, длительность которых пропорциональна величине входного сигнала, а фаза зависит от полярности этого сигнала. Это устройство обладает малым дрейфом нуля, достаточно высокой чувствительностью, линейными характеристиками и регулируемым коэффициентом преобразования. Преобразователь имеет незначительные габариты и вес и потребляет небольшое количество энергии. Применение подобных преобразователей позволит освободиться в многоканальной измерительной и другой аппаратуре от коммутаторов постоянного тока, создание которых до настоящего времени остается проблемой, от усилителей постоянного тока и ряда других узлов, что позволит сделать вновь проектируемые системы более простыми и надежными. При использовании предлагаемых преобразователей станет принципиально возможным повысить скорость опроса контролируемых точек до нескольких тысяч и даже нескольких десятков тысяч точек в секунду.

Использование широтно-импульсного преобразователя в схемах усилителей постоянного тока позволит создать практически бездрейфовые усилители, а в устройствах промышленной автоматики преобразователь можно использовать в качестве бесконтактного чувствительного реле, реагирующего на полярность входного сигнала (аналог поляризованного реле), в схемах регулирования температуры и в ряде других случаев.

Принцип работы широтно-импульсного преобразователя

Магнитный широтно-импульсный преобразователь постоянного тока (рис. 1) выполнен на четырех одинаковых магнитных сердечниках, характеристика намагничивания которых показана на рис. 2. На каждом сердечнике имеется по три обмотки:

W_p — рабочие обмотки преобразователя,

$W_{см}$ — обмотки смещения,

W_y — обмотки управления.

Рабочие обмотки преобразователя соединены по мостовой схеме. К одной диагонали моста подводится прямоугольное напряжение пи-

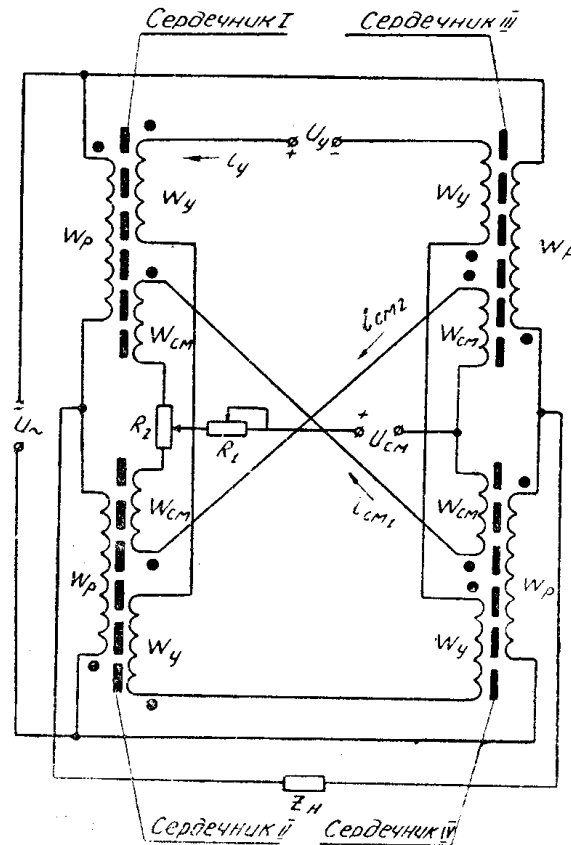


Рис. 1. Принципиальная схема магнитного широтно-импульсного преобразователя.

тания преобразователя, а с другой диагонали моста снимается выходное напряжение, которое подается на сопротивление нагрузки Z_n . Форма напряжения питания преобразователя показана на рис. 3. Для нормальной работы преобразователя необходимо, чтобы начальное положение рабочих точек для каждого сердечника было вполне определенным. Эту задачу выполняет в преобразователе цепь смещения. По обмоткам смещения протекают постоянные токи $i_{см1}$ и $i_{см2}$. В цепи смещения имеются два сопротивления R_1 и R_2 . Сопротивление R_1 служит для ограничения токов смещения, а R_2 — для их балансировки (изменением положения движка сопротивления R_2 можно установить равенство токов смещения, т. е. $i_{см1} = i_{см2}$).

Обмотки смещения соединены таким образом, чтобы начальное положение рабочих точек в сердечниках на их характеристиках намаг-

ничивания было таким, какое показано на рис. 4. Для этого необходимо, чтобы $H_{см} = H_s$, где H_s — напряженность поля насыщения для сердечников. Тогда точка $O_{1,2}$ — является начальной рабочей точкой для сердечников I и II, а точка $O_{3,4}$ — начальной рабочей точкой для сердечников III и IV.

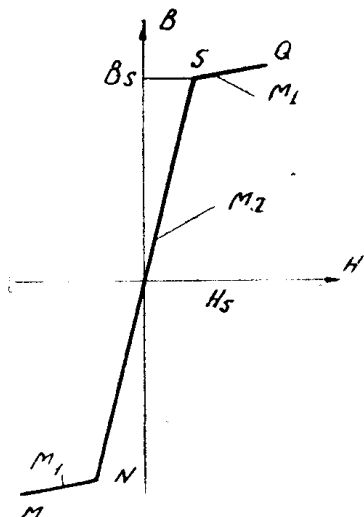


Рис. 2.

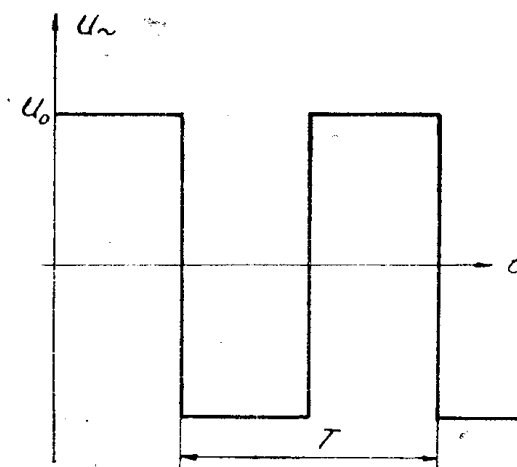


Рис. 3.

Обмотки управления преобразователя соединены таким образом, чтобы в цепи управления переменные напряжения, наводимые в каждой обмотке управления, были скомпенсированы. Если материал сердечни-

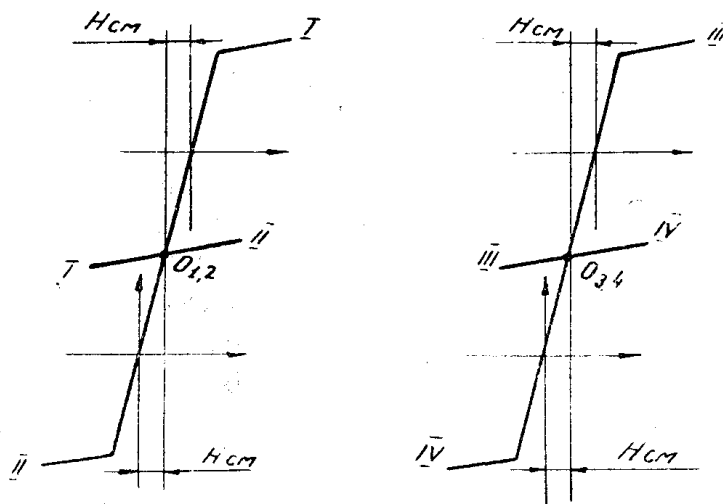


Рис. 4. Магнитное состояние сердечников преобразователя при $H_{у1} = 0$.

ков преобразователя имеет идеальную характеристику намагничивания, т. е. не имеет петли гистерезиса, то на этой характеристике можно выделить участки с различной магнитной проницаемостью (рис. 2). На участке NS этой кривой магнитная проницаемость материала велика и равна μ_2 , а на участках MN и SQ магнитная проницаемость мала и равна μ_1 . Такую идеализацию целесообразно ввести для анализа работы преобразователя.

На рис. 5 и рис. 6 приведено графическое пояснение принципа работы преобразователя. При отсутствии сигнала управления ($U_y = 0$) начальными точками являются точки $O_{1,2}$ и $O_{3,4}$. Если сигнал управления не равен нулю, то протекающий в этом случае ток i_y создает в сердеч-

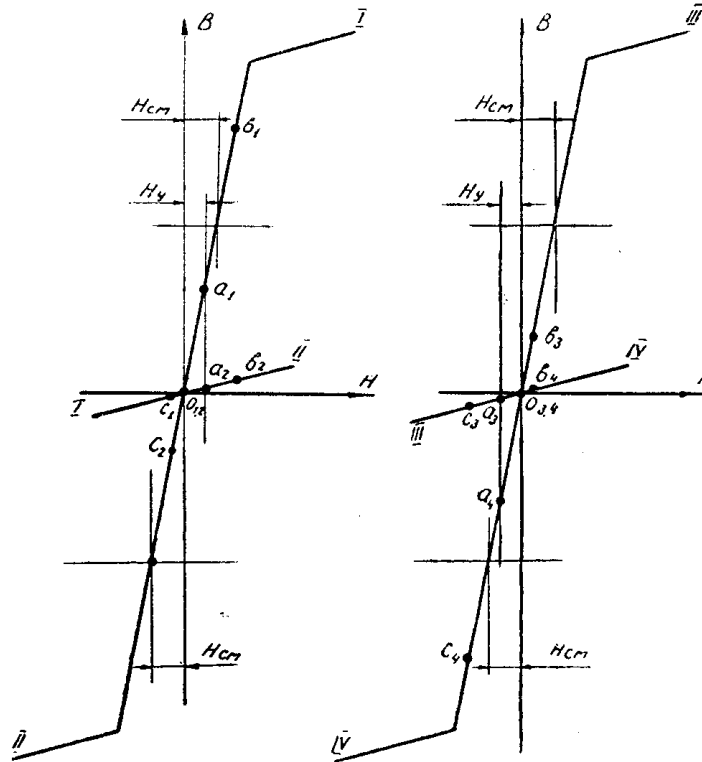


Рис. 5.

никах магнитное поле управления H_y , под действием которого начальные рабочие точки для каждого сердечника смещаются по характеристикам намагничивания. При этом

- точка a_1 — начальная рабочая точка для сердечника I,
- точка a_2 — начальная рабочая точка для сердечника II,
- точка a_3 — начальная рабочая точка для сердечника III и
- точка a_4 — начальная рабочая точка для сердечника IV.

Так как к рабочим обмоткам преобразователя приложено напряжение прямоугольной формы, то изменения суммарных магнитных индукций $B_{1,2}(t)$ и $B_{3,4}(t)$ в сердечниках I, II, III и IV будут линейными (рис. 6). Изменение магнитной индукции в сердечниках I и II можно рассматривать как изменение одной суммарной магнитной индукции $B_{1,2}$ на том основании, что рабочие обмотки этих сердечников соединены последовательно, а магнитные характеристики и геометрические размеры их одинаковы. Это положение справедливо также и для сердечников III и IV. При работе преобразователя каждый сердечник будет перемагничиваться по следующим циклам (рис. 5 и 6):

- сердечник I по циклу $a_1, b_1, o_{1,2}, c_1, o_{1,2}, \dots$
- сердечник II по циклу $a_2, b_2, o_{1,2}, c_2, o_{1,2}, b_2, \dots$
- сердечник III по циклу $a_3, o_{3,4}, b_3, o_{3,4}, c_3, o_{3,4}, b_3, \dots$
- сердечник IV по циклу $a_4, o_{3,4}, b_4, o_{3,4}, c_4, o_{3,4}, b_4, \dots$

В процессе перемагничивания сердечников по указанным рабочим циклам магнитная проницаемость их периодически изменяется, что приводит к периодическому перераспределению напряжений на рабочих обмотках для каждой пары сердечников I, II и III, IV.

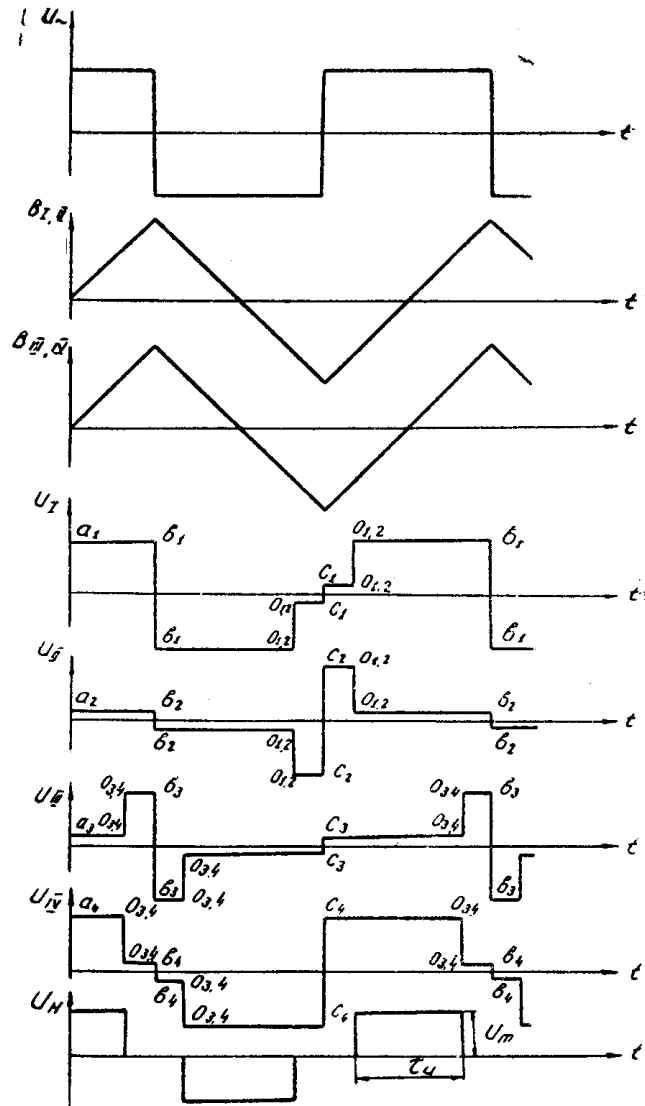


Рис. 6.

Рассмотрим этот процесс по отдельным участкам рабочих циклов. На участке a_1b_1 магнитная проницаемость сердечника I равна μ_2 , а на участке a_2b_2 магнитная проницаемость сердечника II равна μ_1 . Так как $\mu_2 \gg \mu_1$, то индуктивное сопротивление рабочей обмотки сердечника I на участке a_1b_1 будет много больше индуктивного сопротивления рабочей обмотки сердечника II на соответствующем участке a_2b_2 . Поэтому напряжение на рабочей обмотке сердечника I (U_I) будет много больше напряжения на рабочей обмотке сердечника II (U_{II}), рис. 6. На участках $b_1o_{1,2}$ и $b_2o_{1,2}$ магнитная проницаемость сердечника I равна μ_2 , а магнитная проницаемость сердечника II равна μ_1 . Поэтому на этих участках $U_I \gg U_{II}$.

Рассматривая таким образом процессы перемагничивания по всем участкам рабочих циклов, можно заключить, что:

на участках $b_1 o_{1,2} (o_{1,2} b_1)$ и $b_2 o_{1,2} (o_{1,2} b_2)$ $U_I \gg U_{II}$,
 на участках $o_{1,2} c_1 (c_1 o_{1,2})$ и $o_{1,2} c_2 (c_2 o_{1,2})$ $U_I \ll U_{II}$,
 на участках $o_{3,4} b_3 (b_3 o_{3,4})$ и $o_{3,4} b_4 (b_4 o_{3,4})$ $U_{III} \gg U_{IV}$,
 на участках $o_{3,4} c_3 (c_3 o_{3,4})$ и $o_{3,4} c_4 (c_4 o_{3,4})$ $U_{III} \ll U_{IV}$.

Таким образом, при работе преобразователя напряжение, приложенное к рабочим обмоткам сердечников I, II и III и IV, будет перераспределяться в зависимости от изменения магнитной проницаемости сердечников. Момент перераспределения напряжения на рабочих обмотках сердечников назовем моментом их переключения. Если сигнал управления равен нулю, то моменты переключения для сердечников I, II и III и IV совпадают во времени, и напряжение на выходе преобразователя равно нулю.

Если же сигнал управления не равен нулю (рис. 5, 6), то моменты переключения указанных выше сердечников не совпадают во времени, и выходное напряжение (U_n) не равно нулю. В последнем случае выходное напряжение преобразователя имеет форму двухполярных прямоугольных импульсов, частота повторения которых равна частоте напряжения питания преобразователя (рис. 6). Амплитуда импульсов выходного напряжения (U_m) постоянна, длительность импульсов (τ_u) пропор-

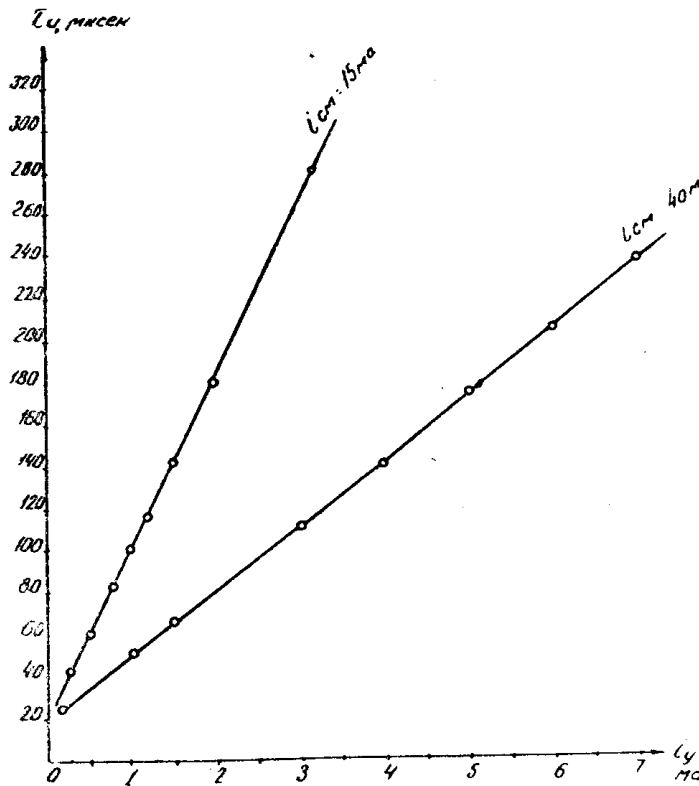


Рис. 7. Экспериментальные характеристики преобразователя при различных значениях тока смещения.

циональна величине входного сигнала, а фаза выходного напряжения относительно напряжения питания преобразователя изменяется на 180° при изменении полярности входного сигнала.

На рис. 7 приведены экспериментальные характеристики преобразователя, выполненного по схеме рис. 1. Характеристики приведены для двух значений тока смещения. Испытывался широтно-импульсный преобразователь со следующими данными:

материал сердечников — феррит марки К260 ($7 \times 4 \times 2$) мм,
обмоточные данные — $w_p = 50$, $w_y = 100$, $w_{см} = 20$,
напряжение питания — амплитуда — 0,2 в, частота — 15 кГц.

Выводы

1. Магнитный широтно-импульсный преобразователь, выполненный по мостовой схеме, может быть использован в качестве основного узла преобразователя аналог-код для преобразования слабых сигналов постоянного тока без предварительного усиления.

2. Изменением величины тока смещения можно плавно и в достаточно широких пределах регулировать коэффициент преобразования преобразователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Розенблат. Магнитные усилители. Советское Радио, 1960.
2. Ф. И. Кербников, М. А. Розенблат. Чувствительный магнитный модулятор с двухфазным питанием. Автоматика и телемеханика, т. XXII, № 3, 1961.
3. К. М. Поливанов, А. А. Брауде. Безгистерезисное намагничивание и его применение для измерения малых токов и э.д.с. Труды МЭИ, вып. 18. 1956.