Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 4, 1990, с. 193—197

УДК 621.317.7(088.8)

Б. М. МАМИКОНЯН

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АМПЛИТУДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Описан тонкопленочный ферромагнитный преобразователь амплитуды переменного тока в число импульсов. По мере возрастания тока происходит поочередное переключение пленок-пятен, равномерно распределенных на поверхности клинообразных шин, несущих преобразуемый ток. Приведены особенности построения преобразователя, расчет и выбор его основных параметров.

Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

Նկարագրված է փոփոխական հոսանքի ամպլիտուդի բարակթաղանթային ֆեռոմագնիսական փոխակերպիչ։ Հոսանքի ազդ հետ տեղի է ունենում կետային մագնիսական թաղանթների հերթականորեն փոխանջատում, որոնք հավասարաչափ բախշված են հոսանքակիր սեպաձև հաղորդչի համաչափական առանցքի երկարությամբ։ Բերված են փոխակերպիչի կառուցման առանձնահատկությունները, նրա հիմնական պարամետրերի հաշվարկն ու բնտրությունը։

В цифровых измерителях амплитуды переменного тока целесообразно использование тонкопленочных магнитных преобразователей (П) с дискретным выходом, отличающихся простотой технологии изготовления, высокой стабильностью характеристик и надежностью в работе. Преобразователь с число-импульсным выходом, принципиальная схема которого представлена на рис. 1а, кроме того не нуждается в источнике питания и обладает почти нулевым входным сопротивлением, благодаря чему не вносит искажения в значение преобразуемого тока [1].

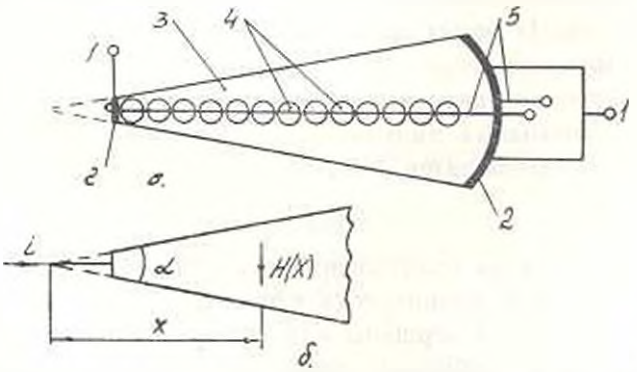

Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя (а) и расчетная схема для определения функции преобразования (б).

Источник преобразуемого тока подключается посредством входных зажимов 1 и контактов 2 к вершине и основанию клинообразной шины 3, вдоль оси симметрии которой равномерно распределены пермаллоевые пленки-пятна 4 с одноосной анизотропией и осью легкого намагничивания (ОЛН), расположенной перпендикулярно оси симмет-

рии клина. Тонкопленочные проводники 5 съемного витка обхватывают пленки-пятна и шину. Шина, пленки-пятна и проводники 5 изолированы друг от друга диэлектрическими слоями из монооксида кремния. Вся многослойная тонкопленочная структура напылена на стеклянную или ситалловую подложку с полированной поверхностью. Напыление пермаллоевых пленок-пятен ведется в постоянном магнитном поле (состав пермаллоя $\sim 81\%$ *Ni*, 19% *Fe*). Полученная таким способом пленка отличается почти нулевой магнитострикцией и ярко выраженной одноосной анизотропией. Проводники 5 съемного витка, напыленные из меди или алюминия, расположены симметрично с обеих сторон шины; при этом сигнал помехи от тока шины в съемном витке практически не возникает.

Преобразуемый переменный ток равномерно распределяется по поперечному сечению клинообразной шины. Плотность тока в поперечном сечении шины в каждый момент времени максимальна у вершины клина и минимальна у его основания. В результате, напряженность магнитного поля этого тока в один и тот же момент времени уменьшается от вершины клина к его основанию. По мере нарастания тока в шине происходит поочередное перемагничивание тех пятен, в местах расположения которых напряженность поля преобразуемого тока превышает коэрцитивную силу пятен. При перемагничивании каждого пятна в съемном витке наводится импульс ЭДС. Число перемагниченных пятен, а значит и число выходных импульсов за один полупериод изменения преобразуемого тока пропорционально его амплитуде (рис. 2). Следующая полуволна преобразуемого тока, создающая магнитное поле, обратное предыдущей полуволны направления, в той же очередности возвращает намагниченность пятен в исходное состояние; при этом в съемном витке импульсы ЭДС наводятся обратной полярности. Выходной сигнал П может подаваться после усиления на счетчик электрических импульсов.

Количественная связь между амплитудой I_m преобразуемого тока i и числом n выходных импульсов определяется следующим образом. Переключение пленок-пятен выражается условием

$$H(x) = H_c, \qquad (1)$$

где H_c — коэрцитивная сила пленок-пятен, $H(x)$ — напряженность магнитного поля преобразуемого тока в месте расположения данного пятна на расстоянии x от вершины клина (рис. 1*б*). Поскольку толщина тонкопленочной клинообразной шины и расстояние между плоскостью магнитной пленки и поверхностью шины пренебрежимо малы по сравнению с шириной шины, то согласно закону полного тока $H(x)$ можно рассчитать по формуле [2]

$$H(x) = \frac{I_m}{2c(x)},$$

где ширина шины $c(x) = 2x \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$.

Подставляя приведенные выражения в условие (1), находим координату x, вплоть до которой переключаются пятна

$$x = \frac{I_m}{4H_c \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$

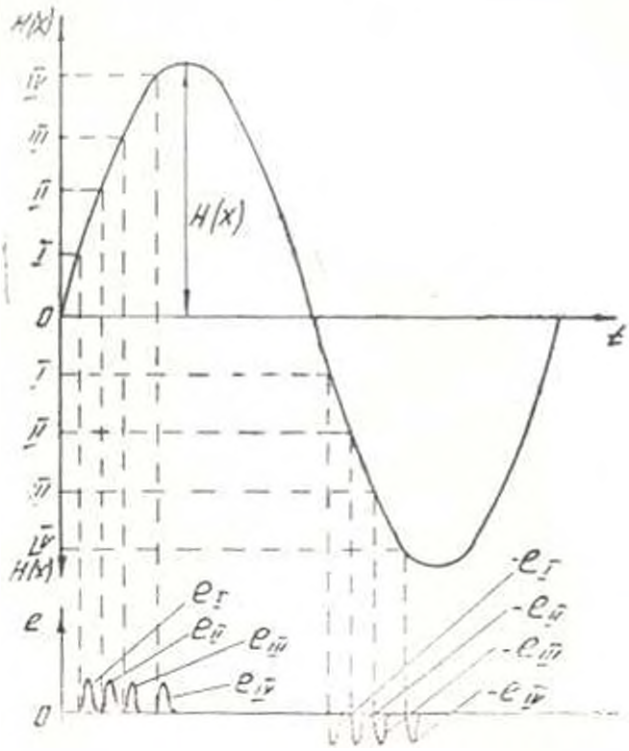

Рис. 2. Упрощенные графики напряженности магнитного поля (а) и импульсов ЭДС в съемном витке (б) при одном значении преобразуемого тока.

Если на всей длине L клина равномерно распределены N пятен, то длине x будет соответствовать

$$n = \frac{N}{L} x = \frac{N}{4LH_c \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \cdot I_m \qquad (2)$$

пятен. Выражение (2) показывает, что характеристика преобразования $n = f(I_m)$ линейна. На рис. 2 изображен случай $n = 4$.

Значение угла α клина выбирается по заданному диапазону преобразования. Если задано предельное значение $I_{m\,пр}$ амплитуды преобразования тока, то при $I_m = I_{m\,пр}$ должно иметь место $n = N$. Исходя из этого, выражения (2) получается формула для расчета α

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{I_{m\,пр}}{4LH_c}.$$

Например, в разработанном П с диапазоном $I_{изм} = 1$ *А* при значениях параметров $L = 0{,}08$ *м*, $H = 50$ *А/м* угол α равен 7°. В этом П вакуумным испарением напылены пермаллоевые (с добавкой молибдена и последующим отжигом) пленки-пятна диаметром 0,5 *мм* в количестве $N = 160$ *шт*, толщиной 0,1 *мкм* (подложка ситалловая толщиной 0,5 *мм*, температура подложки поддерживалась 573 *К*, отжиг производился при $T = 623$ *К* в течение 1 *ч* в магнитном поле $4 \cdot 10^3$ *А/м*). Чувствительность П составила 160 *имп/А*, порог чувствительности — 50 *мА*, а погрешность квантования — 6,25 *мА*.

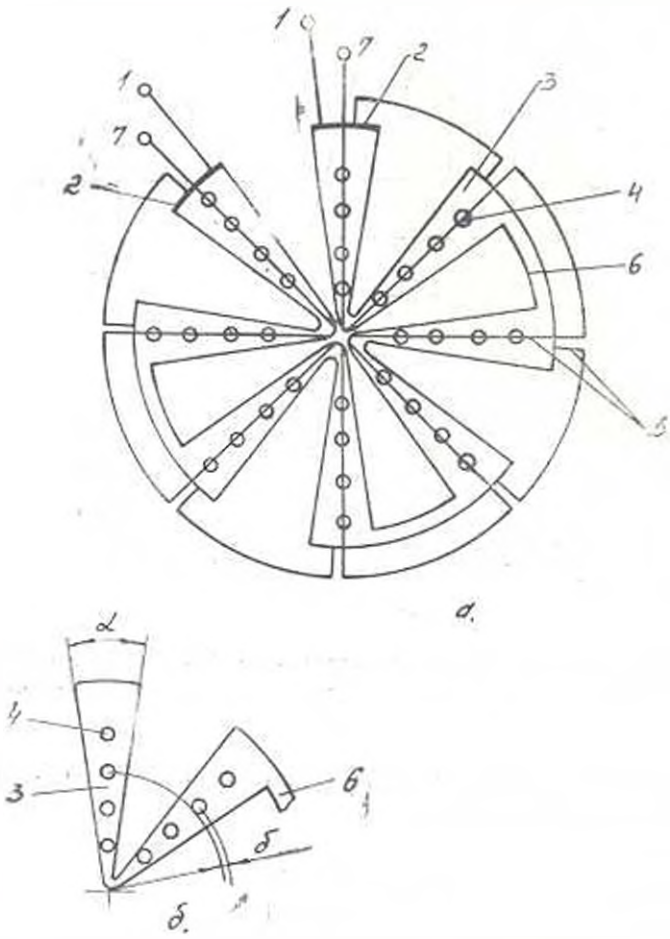

Рис. 3. Принципиальная схема преобразователя с последовательным расположением шин (а) и участок шины с пятнами (б).

Путем соответствующего выбора формы шины, а также закона распределения пленок-пятен вдоль длины шины возможна реализация других функций преобразования взамен линейной. Следует также учитывать, что можно в широких пределах варьировать параметрами П выбором значения коэрцитивной силы пленок-пятен, что без каких-либо трудностей можно реализовать в процессе напыления пленок соот-

ветствующим выбором их состава, толщины, напряженности магнитного поля и т. д.

С целью уменьшения погрешности квантования в конструкции П, изображенного на рис. 3*а*, клинообразные шины 3 образованы радиальными перемычками между секторными вырезами проводящего круга 6 и соединены между собой последовательно, а пленки-пятна 4, равномерно распределенные вдоль осей симметрии каждой клинообразной шины, распределены вокруг центра круга по спирали, что позволяет увеличить плотность распределения пленок-пятен вдоль пути распространения магнитного поля преобразуемого тока и уменьшить погрешность квантования. Съемные витки 5 всех клинообразных шин соединены между собой последовательно-согласно и подключены к выходу 7 П. Преобразуемый переменный ток, подводимый ко входным зажимам 1, здесь также равномерно распределяется по поперечным сечениям клинообразных шин. Напряженность магнитного поля этого тока на поверхности клинообразных шин в один и тот же момент времени уменьшается от центра круга к его периферии. Поэтому поочередное переключение пятен происходит здесь не вдоль одной клинообразной шины, а вдоль спирали, начиная с центра круга. Значение угла α при вершинах клиньев (рис. 3*б*) выбирается по заданному диапазону преобразования, а число M клинообразных шин и радиальное смещение δ между соседними вдоль спирали пятнами — по требуемому значению ошибки квантования. При диаметре круга 0,08 м, значениях $M = 8$, $\delta = 0{,}625$ мм и вышеприведенных значениях параметров пленок погрешность квантования в этом П не превышает 2,0 нА.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 976392 СССР. Преобразователь амплитуды переменного тока в импульсный сигнал / Б. М. Мамиконян, С. О. Вардания (СССР).— № 3281367/18—21; Заяв. 19.03.81; Опубл. 23.11.82. Бюл. № 43.
2. *Разин Г. Н., Шелкин Л. П.* Бесконтактное измерение электрических токов.— М.: Атомиздат, 1974.— 160 с.

Лен. фил. ЕрПИ им. К. Маркса

25. 1. 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 4, 1990, с. 197—200

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.313.333

Г. К. САФАРЯН

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены динамические свойства асинхронных индукторных двигателей при асимметрии питающего напряжения. Определены влияния различных степеней асимметрии напряжения питания на переходные процессы машины.

Ил. 2. Библиогр.: 2 назв.