ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXIV, № 6, 1971 Серия технических наук

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Г. С. АКОПЯН, И. А. НАБИЕВ

КОДОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Измерители мощности для автоконтроля с аналого-цифровой выдачей информации на базе стрелочных приборов, несмотря на их известную инерционность, с точки зрения простоты осуществления и экономичности могут представить определенный интерес. Например, первичным измерителем, преобразующим электрическую мощность в угол поворота, может служить любой стрелочный ваттметр класса 0,2; 0,5 и др. Добавлением преобразователя угла поворота в цифровой эквивалент [1, 2] можно преобразовать этот прибор в аналого-цифровой (АЦИП).

Из существующих методов съема информации в данном случае наиболее приемлемыми могут являться электромагнитные, емкостные и электронно-оптические, которые не создают нагрузку на чувствительный элемент первичных измерителей.

Исследования [3] показали, что электромагнитные преобразователи с использованием явления срыва тока генерации автогенератора с успехом могут быть применены в качестве квантующей приставки к стрелочным измерителям. В этих случаях в качестве кодирующей маски служит неметаллическая плата, на которой по определенному порядку расположены, сгруппированные по числу разрядов кода, индуктивные катушки со стержневыми ферритовыми сердечниками, поразрядно подключаемые к колебательному контуру транзисторного LC-автогенератора. На рис. 1 приведена блок-схема такого АЦИП. Макетный образец аналого-цифрового измерителя мощности нами осуществлен на базе трехфазного щитового ваттметра типа Д341; неподвижная кодируемая маска расположена на плате шкалы прибора. На стрелке закреплена тонкая металлическая пластина небольших размеров, имеющая длину, равную расстоянию между центрами торцов трех ферритовых сердечников катушек индуктивности, расположенных рядом. Таким образом, пластина в зависимости от места нахождения стрелки прибора может перекрыть полностью две или неполностью три сердечника, при этом не касаясь их (зазор выбирается в пределах 0,2 ÷ 0,8 *мм*). В общем случае, в зависимости от требуемой точности прибора, будет определяться число катушек в группе и число разрядов позиционного кода. Например, если шкала прибора имеет 20 делений, как

у ваттметра Д341 с дискретным расположением, равным 40, с расчета 0,5 делений, то достаточно иметь 21 катушку по три катушки в каждой группе семиразрядного позиционного кода (табл.1). Для этого случая последовательность кодов приведена в табл. 2.

С перекрытием сердечников катушек металлической пластиной изменяется их добротность, вследствие чего срывается режим автогенерации, и с выхода автогенератора (рис. 1) на вход формирователя поступает нулевой сигнал вместе с тактовыми импульсами мультивибратора.

Таблица 1

Положение стрелки	Код
0	0111111
1	0011111
2	0001111
3	1000111
4	1000111
—	—
39	1011110
40	1111110

Таблица 2

Разряд кода	№№ катушек, соединенных в одну группу
1	1, 9, 18
2	2, 11, 20
3	3, 8, 13
4	4, 10, 15
5	5, 12, 17
6	6, 14, 19
7	7, 16, 21

Если же в группе катушек добротность неизменна (нет перекрытия пластиной ферритов), то срыва автогенерации нет и от генератора поступает *единичный* сигнал. Частота тактовых импульсов мультивибратора, в зависимости от необходимой частоты опроса и получения измерительной информации, может быть от 100 до 800 *гц*, что и обусловливает скорость поочередного включения в *LC*-колебательный контур поразрядных групп катушек индуктивности с помощью электронных ключей и диодного коммутатора, запускающихся мультивибратором. В качестве транзисторного автогенератора может быть использована емкостная трехточечная схема Колпитца. Частота генерации в зависимости от конструкции и материалов применяемых металлических пластин, а также катушек индуктивности, может быть выбрана в пределах 150 — 300 *кгц*.

С целью оценки механического влияния высокочастотных электромагнитных полей катушек кодирующей маски на подвижную часть первичного измерителя были проведены экспериментальные исследования. Как показали эксперименты, высокочастотные электромагнитные поля не влияют на точность первичного измерителя. Представляет интерес рассмотрение влияния металлической основы шкалы на индуктивность и добротность катушек маски, так как при небольших конструктивных зазорах может возникнуть взаимная электромагнитная связь. На рис. 2 приведена упрощенная картина поля и конструктивного расположения катушки кодовой маски, и как видно, часть магнитного потока Ф пронизывает металлическую плату шкалы, образуя при этом взаимосвязанные цепи катушка-плата. Из-за образования вихревых токов в плате

и их влияния на основной магнитный поток добротность катушки уменьшится. Если металлическую плату шкалы заменить эквивалентным замкнутым контуром с активным сопротивлением $r_п$ и индуктивностью $L_п$, то величины вносимых сопротивлений будут:

$$\Delta R_{вн} = \frac{\omega^2 M^2}{r_п^2 + \omega^2 L_п^2} r_п \text{ и } \Delta x_{вн} = \frac{\omega^2 M^2}{r_п^2 + \omega^2 L_п^2} \omega L_п, \quad (1)$$

где ω—частота генерации колебаний. Таким образом, изменится и общее сопротивление катушки и с учетом вносимого сопротивления будет:

$$z' = \sqrt{r'^2 + (x')^2}, \quad (2)$$

где

$$r' = r + \Delta R_{вн}; \quad x' = x - \Delta x_{вн}.$$

ПА-14682

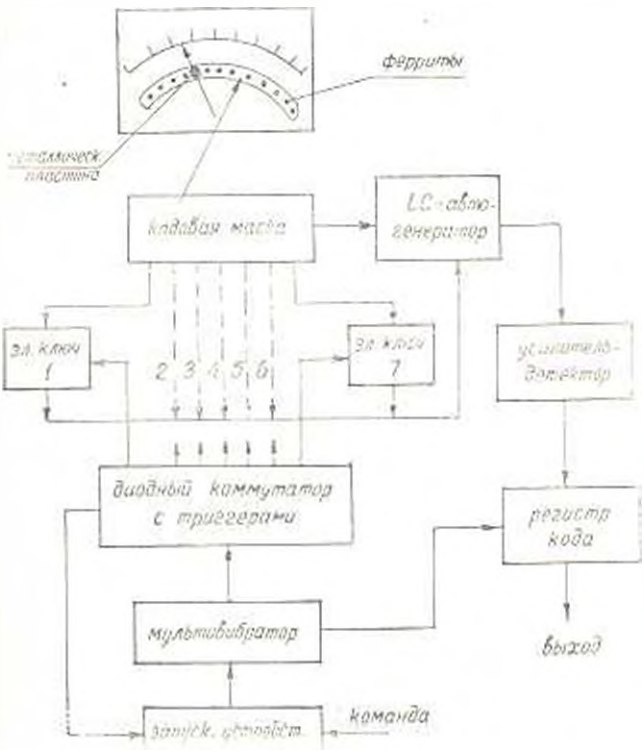

Рис. 1. Структурная схема АЦИП

Величина добротности катушки с учетом упомянутых изменений параметров катушки будет

$$Q' = \omega L / r' < Q_0,$$

где $Q_0 = \omega L / r$ — добротность катушки без учета влияния платы.

С целью сравнения относительного изменения добротности катушки индуктивности от изменения расположения катушка-металлическая

плата (при различных расстояниях между катушкой и платой шкалы), проведены экспериментальные исследования. Результаты приведены на графиках рис. 3, и, как видно, изменение добротности катушки при наличии в ее электромагнитном поле металлической платы шкалы прибора намного меньше, чем при отсутствии.

Условие самовозбуждения LC-автогенератора определяется добротностью катушки индуктивности колебательного контура, величина которой зависит от введения электропроводящей пластины в магнитное поле катушек маски. Поэтому для обеспечения стабильной и надежной работы преобразователя отношение Q_{min}/Q_0 должно быть возможно меньшим. Как видно из (1), уменьшение этого отношения возможно уменьшением коэффициента взаимоиндукции M между катушкой и металлической платой прибора. Это можно осуществить двумя путями:

Рис. 2. Расположение катушек на плате: *1*—катушка маски; *2*—феррит; *3*—плата; *4*—указательная стрелка; *5*—пластинка

— увеличением расстояния h_3 между катушкой и платой шкалы прибора;

— экранировкой катушки от платы шкалы прибора путем размещения между ними ферритовых стерженьков тех же размеров, что и в самой катушке.

Второй путь представляется более рациональным, так как в этом случае h_3 можно установить до двух диаметров ферритового стержня. При этом так же происходит увеличение крутизны характеристики $Q/Q_0 = f(x)$, что в свою очередь способствует увеличению отношения сигнал/помеха элемента съема дискретной информации.

При построении преобразователей с формированием сигналов срывом генерации колебаний можно считать, что основным является выбор материала пластины, расположенной на стрелке прибора. Как показали эксперименты, при частоте 200 — 300 *кгц* наилучшие результаты получаются введением в электромагнитное поле катушек пластин из ферромагнитного материала, например, из легированной стали толщиной в 0,1 — 0,2 *мм*. Несмотря на небольшие размеры, пластина, находясь на стрелке чувствительного механизма, является дополнительной нагрузкой. В зависимости от конструкции прибора (горизонтальной или вертикальной установки) величина внесенной дополнитель-

ной погрешности будет зависеть от степени балансировки подвижной системы измерителя с учетом веса установленной на стрелке пластины.

Ввиду того, что вес пластины может быть в пределах 10 — 15 мг и величина действующего на стрелку тангенциального усилия от взаимодействия металлической пластины с высокочастотным полем катушек незначительно, то при определении погрешности измерителя практически ими можно пренебречь.

Как нами экспериментально установлено, изменение величины зазора между пластиной и торцем катушки индуктивности кодирующей маски за счет биения стрелки влияет на стабильность работы автогенератора. С этой точки зрения выбор величины этого зазора в пределах 0,3 — 0,5 *мм* при диаметре ферритов 1,5 — 1,8 *мм* является рациональным. При малых значениях зазора возможно трение пластины о торцы ферритов катушек.

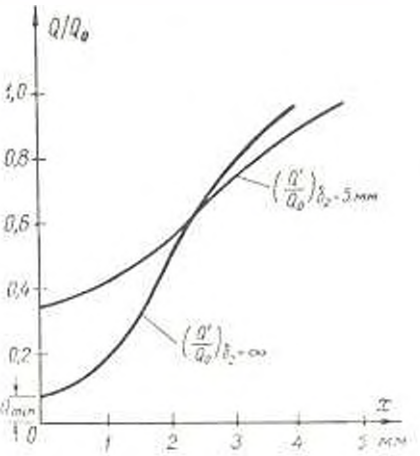

Рис. 3. Кривые добротности при $h = 0{,}3$ *мм*

Кроме обычных ваттметров в качестве стрелочного прибора может быть использован также электронный автоматический потенциометр. В этом случае на его вход должно подаваться напряжение постоянного тока, пропорциональное мощности переменного тока. Для преобразования мощности переменного тока в напряжение постоянного тока обычно применяются так называемые первичные статические преобразователи мощности (СПМ). С развитием полупроводниковых приборов широкое применение нашли СПМ на датчиках Холла, полупроводниковых квадраторах, на транзисторах с применением метода время-импульсной и амплитудной модуляции и др. [4].

В приборе, описанном в [5], для целей измерения трехфазной мощности использовались датчики Холла, а в качестве аналогового прибора применен автоматический потенциометр типа ГПР-4. На стрелке электронного потенциометра можно закрепить кодовую маску или стальную пластину необходимой толщины.

Вариант построения приборов типа АЦИП на базе стрелочных ваттметров является более простым и обеспечивает достаточно высокую надежность цифрового преобразователя. Вариант же с применением автокомпенсаторов целесообразно использовать, если необходимо иметь управление контролируемого процесса при помощи позиционных регуляторов.

ЕрНИ. АзИНЕФТЕХИМ

Поступило 4.XII.1970.

Հ. Ս. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ի. Ա. ՆԱԲԻԵՎ

ԿՈԴԱՅԻՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓԻՉՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Ամփոփում

Հոդվածում դիտված են հզորության պտտային չափիչների համար ֆեր-ռոինդուկցիոն կոճերի վրա կառուցված կոդային կերպափոխիչի աշխա-տանքի առանձնահատկությունները: Բերված է անալոգա-թվային սարքի բլոկ-սխեման, ինչպես նաև մակետային օրինակի փորձարկումների արդյունքները:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Талантов А. А.* „Автоматика и телемеханика“, № 3, 1959.
2. *Гитис Э. И.* Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. ГЭИ, 1961.
3. *Набиев И. А., Рустамов Н. С.* Бесконтактный кодовый преобразователь механических перемещений. „За технический прогресс“, № 11, 1966, Баку.
4. *Бахтиярова Т. И., Делавис Г. Н.* Измерительные преобразователи мощности трехфазных цепей переменного тока. Сб. статей под ред. А. В. Ковалевской, ОНТИПРИБОР, 1966.
5. *Акопян Г. С.* Приборы с использованием датчиков Холла для автоматического контроля электротехнических изделий. „Электротехника“, № 2, 1968.