

А. А. Степанян, В. М. Белоусов

АВТОКОМПЕНСАЦИОННЫЙ ФАЗОМЕТР С ЭЛЕМЕНТОМ ХОЛЛА

Принцип действия ряда существующих фазометров основан на взаимодействии пульсирующего и вращающегося магнитных полей [1—4]. Одно из этих полей создается неподвижной обмоткой возбуждения, а другое — обмотками, выполненными в виде подвижной системы из перекрещивающихся рамок. Однако вопрос о том, какой из систем — подвижной или неподвижной — создается вращающееся, а какой — пульсирующее поле, не является принципиальным. В литературе [3] описаны как та, так и другая модификация фазометров.

Возможно построение автоматического фазометра ферродинамической системы, имеющего поворотный кольцевой сердечник с многофазной обмоткой возбуждения, создающей вращающееся магнитное поле. В этом поле располагается подвижная рамка, снабженная зеркальцем, с помощью которого управляют фазочувствительным фотоэлектрическим усилителем следящей измерительной системы. Исполнительный двигатель через редуктор жестко связывается с поворотной системой возбуждения прибора.

Такой фазометр обладает невысокой точностью из-за наличия в его рамке э. д. с. вращения, проявляющейся тем сильнее, чем меньше величина напряжения, подводимого к рамке извне.

А. А. Кольцовым совместно с одним из авторов этой статьи [5] был разработан автоматический фазометр, аналогичный описанному выше. В этом приборе погрешность устранялась благодаря наличию еще и неподвижной рамки, расположенной коаксиально внутри подвижной рамки и включенной последовательно и встречно с ней.

Как тот, так и другой варианты автокомпенсационных фазометров конструктивно сложны, поскольку имеют подвижные рамки, укрепленные на растяжках и снабженные зеркалом, осветителем, оптическую систему, дифференциальное фотосопротивление.

Описываемый в свидетельстве [6] автокомпенсационный фазометр лишен этого недостатка благодаря тому, что у него вместо подвижной и неподвижной рамок и фотооптической системы применен элемент Холла, расположенный во вращающемся магнитном поле.

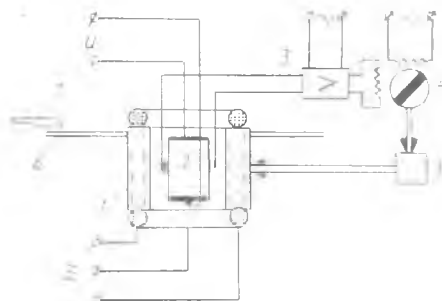


Рис. 1.

На рис. 1 изображена принципиальная схема автокомпенсационного фазометра с элементом Холла.

Фазометр состоит из поворотного статора 1 с трехфазной обмоткой, уложенной в пазах (на чертеже не показаны) элемента Холла 2, фазочувствительного усилителя 3, реверсивного электродвигателя 4, редуктора 5, укрепленной на статоре фазометра круговой шкалы 6 и неподвижного указателя 7.

Принцип действия фазометра заключается в следующем. Трехфазная двухполюсная обмотка возбуждения поворотного статора создает вращающееся магнитное поле, в котором находится элемент Холла. При отсутствии измеряемого сигнала в токовой цепи датчика на его потенциальных электродах не возникает э. д. с., вследствие чего на вход фазочувствительного усилителя сигнал не поступает и электродвигатель, механически связанный с поворотным статором, остается неподвижным.

Допустим, что составляющая вектора индукции вращающегося магнитного поля, совпадающая с нормалью к плоскости элемента Холла, определяется выражением

$$b = B_m \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

где φ_0 — начальная фаза этой составляющей, определяемая взаимным пространственным положением элемента Холла и обмотками возбуждения поворотного статора и отсчитываемая от некоторой фиксированной точки на нем, совпадающей с нулевой отметкой круговой шкалы.

При подведении к измерительным зажимам устройства напряжения

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

фазу φ которого необходимо определить, в токовой цепи датчика будет протекать ток

$$i = \frac{U_m}{R} \sin(\omega t + \varphi), \quad (3)$$

где R — входное сопротивление токовой цепи датчика Холла.

При этом на выходных зажимах его появится э. д. с. Холла, мгновенное значение которой с учетом (1) и (3) определяется выражением

$$e_x = R_x \frac{b \cdot l}{d} \cdot 10^{-8} = k \cdot B_m U_m \cos(\omega t + \varphi_0) \cdot \sin(\omega t + \varphi) = \\ = kBU \sin(\varphi - \varphi_0) + kBU \sin(2\omega t + \varphi + \varphi_0), \quad (4)$$

где $k = \frac{R_x \cdot 10^{-8}}{Rd}$ — коэффициент пропорциональности;

R_x — постоянная Холла;

d — толщина элемента Холла;

B — действующее значение вектора индукции вращающегося магнитного поля;

U — действующее значение напряжения на входных зажимах прибора.

Постоянная составляющая этой э. д. с.

$$E_x = kBU \sin(\varphi - \varphi_0) \quad (5)$$

после преобразования в фазочувствительном усилителе подается на реверсивный электродвигатель, связанный через редуктор с поворотным статором, обуславливая его вращение в нужном направлении до тех пор, пока эта составляющая не станет равной нулю. Последнее имеет место при выполнении условия

$$\sin(\varphi - \varphi_0 - \alpha) = 0, \quad (6)$$

где α — угол поворота статора, поскольку при относительном угловом перемещении статора и элемента Холла изменяется начальная фаза нормальной составляющей индукции вращающегося магнитного поля.

Из выражения (6) следует, что этот угол равен

$$\alpha = \varphi - \varphi_0, \quad (7)$$

т. е. против неподвижного указателя расположится отметка круговой шкалы, соответствующая измеряемой фазе φ входного напряжения.

Сказанное выше иллюстрируется векторной диаграммой, изображенной на рис. 2. Вращающееся магнитное поле на диаграмме представлено двумя ортогональными составляющими B_d и B_q вектора индукции, совпадающими соответственно с нормалью к плоскости и с самой плоскостью элемента Холла.

В создании э. д. с. Холла, в соответствии с выражением (4), участвует лишь составляющая B_d индукции, при этом проекция OA вектора тока I на направление составляющей в некотором



Рис. 2.

масштабе характеризует величину постоянной слагаемой э. д. с., определяемой соотношением (5). После того, как электродвигатель следящей системы повернет статор в направлении вращения поля на угол α в соответствии с выражением (7), векторная

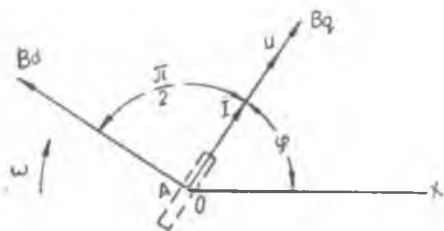


Рис. 3.

диаграмма примет вид (рис. 3), при котором точка A совпадет с точкой O . Это соответствует состоянию, при котором на входе усилителя отсутствует сигнал рассогласования, т. е. схема находится в равновесии.

На основе описанного прибора может быть построено автокомпенсационное вектормерное устройство. С этой целью необходимо добавить еще одну следящую систему, предназначенную для измерения модуля вектора напряжения.

Автокомпенсационный фазометр может быть использован также для целей автоматического регулирования и управления, где регулируемый параметр связан с фазой контролируемой электрической величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Нестеренко. Теория фазометров. «Электричество» № 5, 1947.
2. А. Д. Нестеренко. Трехфазные фазометры, «Электричество» № 6, 1948.
3. В. О. Арутюнов. Электромеханические логометры, ГЭИ, 1956.
4. Г. Г. Ярмольчук. К теории фазометров. «Автоматика и телемеханика», № 3, 1950.
5. А. А. Кольцов, А. А. Степанян. Фазометр, авторское свидетельство № 135969 от 19/VIII-1960 года.
6. А. А. Степанян, В. М. Белоусов. Фазометр, авторское свидетельство № 778562/26-10 от 17/V-1962 года.