

обнаруживаем, что $S_\alpha = S_\beta$, т. е. чувствительности по каждой из осей карданова подвеса равны между собой и зависят от отношения квадратов радиусов рамок датчика и приемника, числа витков в их обмотках, а также от отношения максимальных значений индукции вращающихся магнитных полей в зазорах.

Таким образом, изменяя все эти отношения или любое из них, можно добиться изменения (в частности, увеличения) масштаба шкалы приемного устройства, что очень важно при передаче на расстояние малых углов, когда требуется обеспечить высокую чувствительность и разрешающую способность.

Описанная синхронно-следающая система с двумя степенями свободы может быть применена для определения углов наклона нефтяных и газовых скважин, а также во многих других случаях, когда необходимо определять пространственное положение тела или управлять им. Датчик и приемник (в отдельности каждый) могут служить датчиками пространственного угла, т. е. преобразователями последнего в электрический сигнал. В качестве приемника в описанной системе может быть применено любое векторное устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Ф. Куликовский. Устройство для синхронной передачи углов поворота. Авторское свидетельство № 104141. Бюллетень изобретений, 1965, № 9.
2. Л. Ф. Куликовский. Индуктивные измерители перемещений. М., Госэнергоиздат, 1961.
3. Е. М. Карпов, Ю. М. Барковский. Синхронно-следающая система. Авторское свидетельство № 171038. Бюллетень изобретений, 1965, № 10.

Поступило в редакцию
21 января 1965 г.

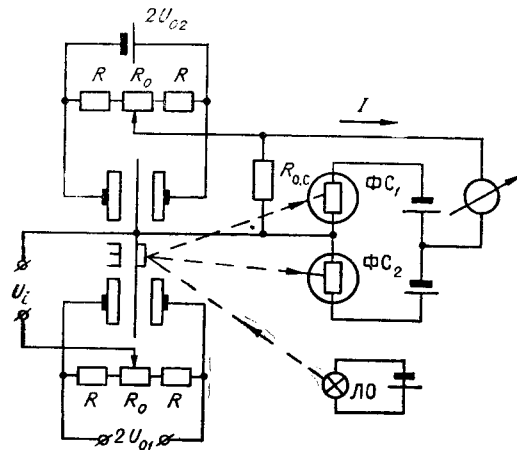
УДК 621.317.727.2

Б. К. ГРИГОРОВСКИЙ, К. Л. КУЛИКОВСКИЙ

(Куйбышев)

ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСНОГО НАПЯЖЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ КОМПАРАТОРОМ

Рассматривается метод измерения составляющих комплексного напряжения, основанный на использовании фотокомпенсационной схемы, чувствительный элемент которой (электрометр) включен по схеме компаратора.



Измерение составляющих комплексного напряжения может быть осуществлено фотоэлектрометрическим компаратором, принципиальная схема которого приведена на рисунке [1]. Чувствительным элементом схемы является электрометр Э. Если подвижная часть электрометра находится в нулевом положении, то световой поток осветительной лампочки ЛО одинаково освещает фотосопротивления ΦC_1 и ΦC_2 . С подачей на вход прибора измеряемого напряжения U_i подвижная часть электрометра под действием пндеродвигательных сил начнет поворачиваться, распределение света между фотосопротивлениями нарушится и через сопротивление $R_{0,c}$ будет протекать ток I . Отклонение подвижной части электрометра прекратится, если

$$M_1 = M_2,$$

или

$$B_1 U_i U_{01} \cos \varphi = B_2 U_{02} I R_{o.c.},$$

где M_1 — момент от взаимодействия действующих значений измеряемого U_i и опорного U_{01} напряжений;

M_2 — момент от взаимодействия напряжения обратной связи с напряжением возбуждения U_{02} ;

B_1 и B_2 — конструктивные постоянные электрометра;

φ — угол фазового сдвига напряжений U_i и U_{01} .

Если действующее значение синусоидального напряжения возбуждения U_{01} равно напряжению U_{02} и если $B_1=B_2$, то синфазной составляющей U_{ix} измеряемого напряжения U_i соответствует значение тока

$$I_1 = \frac{1}{R_{o.c.}} U_{ix}. \quad (1)$$

Изменяя фазу опорного напряжения на 90° , для квадратурной составляющей получим

$$I_2 = \frac{1}{R_{o.c.}} U_{xy}.$$

При этом квадрант декартовой системы координат, в котором располагается вектор измеряемого комплексного напряжения, может быть определен из таблицы.

В схеме фотоэлектromетрического компаратора погрешности измерения составляющих комплексного напряжения возникают в результате дрейфа нуля, наличия зоны нечувствительности и за счет изменения передаточных коэффициентов отдельных звеньев.

Относительная погрешность из-за изменения коэффициентов преобразования определяется выражением

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + K_\vartheta K_\Phi K_{o.c.}} \approx \frac{1}{K_\vartheta K_\Phi K_{o.c.}}, \quad (2)$$

где

K_ϑ — коэффициент преобразования электрометра в rad/s ;

K_Φ — коэффициент преобразования фотоэлектрометрической схемы в a/rad ;

$K_{o.c.} = R_{o.c.}$ — коэффициент преобразования звена обратной связи.

В рассматриваемой схеме наиболее приемлем электрометр с отрицательным управлением, у которого при некотором значении напряжения возбуждения, называемом критическим, происходит полная компенсация противодействующего момента растяжек электростатическим моментом [2]. Исследование погрешности γ_1 для пределов измерения напряжения 100—2000 мВ при номинальном выходном токе ± 5 мА и при поддержании напряжения возбуждения равным его критическому значению с погрешностью 0.5—1% показало, что погрешность γ_1 может быть ограничена значением 0.2—0.5%.

Погрешность из-за отклонения схемы от нулевого положения определяет требования к качеству уравнивания подвижной части электрометра.

Величина этой погрешности находится по формуле

$$\gamma_2 = \frac{\Delta I}{U_{ix}} \frac{1}{K_\vartheta K_\Phi},$$

где ΔI — изменение выходного тока в результате ухода нуля схемы.

Последнее выражение можно привести к виду, более удобному для расчета, если подставить в него значение U_{ix} из (1) и K_ϑ, K_Φ из (2):

$$\gamma_2 = \frac{\Delta I}{I} \gamma_1. \quad (3)$$

Выражение (3) можно использовать для вычисления погрешности, обусловленной смещением нуля схемы, независимо от причины, вызвавшей такое смещение. Практически эту погрешность учитывать необязательно, так как дрейф нуля в значительной степени ослабляется самой схемой компаратора. Труднее исключить воздействие посторонних электромагнитных полей. Фотоэлектromетрический компаратор представляет

свой чувствительный прибор с высокоомным входом, поэтому воздействие помехи с частотой 50 гц в результате емкостной и электромагнитной связей между сетью и прибором может оказаться значительным. Для устранения этой помехи необходимо в первую очередь экранировать входные провода прибора.

Погрешность из-за нестабильности сопротивления обратной связи по сравнению с остальными погрешностями схемы пренебрежимо мала.

Важным достоинством фотоэлектрометрического компаратора является применение прибора постоянного тока в качестве выходного. Это увеличивает точность измерения и упрощает нахождение квадранта комплексного напряжения. Так, при использовании на выходе миллиамперметра класса точности 0,5 с током полного отклонения 5 ма общая погрешность определения составляющих комплексного напряжения 100—2000 мв не превышает 1%.

Входное сопротивление фотоэлектрометрического компаратора в основном определяется емкостным сопротивлением электрометра и в осуществленных макетах составляет величину порядка 100 Мом, что приемлемо для большинства практических случаев.

Измерение составляющих комплексного напряжения фотоэлектрометрическим компаратором позволяет избавиться от гальванической связи входной и компенсирующей цепей и тем самым повысить точность измерения и упростить нахождение квадранта комплексного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. К. Григоровский. Фотоэлектрический вектормер. Авторское свидетельство № 154606. Бюллетень изобретений, 1963, № 10.
2. Л. Ф. Куликовский, А. М. Мелик-Шахназаров, С. Г. Рабинович, Б. А. Селибер. Гальванометрические компенсаторы. М., изд-во «Энергия», 1964.

*Поступило в редакцию
4 ноября 1965 г.,
окончательный вариант —
16 декабря 1965 г.*