



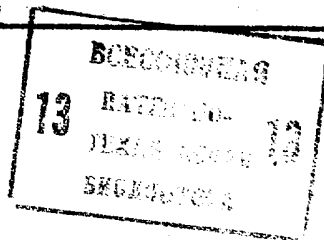
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1046702 A

3(51) G 01 R 25/00

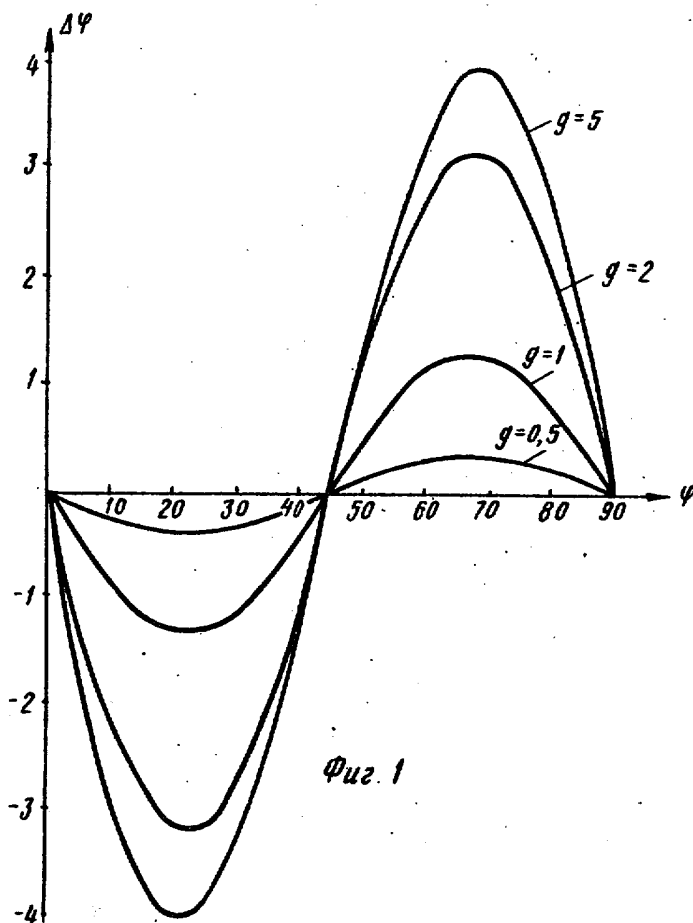
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(61) 928247
(21) 3333857/18-21
(22) 04.09.81
(46) 07.10.83. Бюл. № 37
(72) П.А.Лопардин и М.К.Чмых
(71) Красноярский политехнический институт
(53) 621.317.77(088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 928247, кл. G 01 R 25/00, 1978.

(54) (57) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА
ФАЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ по
авт.св. № № 928247, отличаю-
щийся тем, что, с целью повы-
шения точности измерения, один из
сигналов сдвигают по фазе на удвоен-
ное значение измеренного фазового
сдвига и проводят дополнительные из-
мерения сдвига фаз.



(19) SU (11) 1046702 A

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано для измерения сдвига фаз зашумленных электрических сигналов в широком частотном диапазоне.

По основному авт.св. № 928247 известен способ измерения сдвига фаз электрических сигналов, заключающийся в том, что измеряемый сигнал ограничивают, преобразуют по квадратурным составляющим, перемножают, накапливают и по их отношению определяют значение фазового сдвига [1].

Недостатком способа является наличие систематической погрешности измерения, зависящей от отношения сигнал/шум. (С увеличением отношения сигнал/шум погрешность возрастает и достигает 4,1°).

Цель изобретения - повышение точности измерения за счет уменьшения систематической погрешности измерения, зависящей от фазового сдвига.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу, заключающемуся в том, что измеряемый сигнал предварительно ограничивают, преобразуют по квадратурным составляющим, перемножают составляющие, накапливают и по отношению их определяют значение фазового сдвига, один из сигналов сдвигают по фазе на удвоенное значение измеренного фазового сдвига и проводят дополнительные измерения сдвига фаз.

На фиг.1 и 2 приведены графики, характеризующие зависимость погрешности от фазового сдвига; на фиг.3 - структурная схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

Устройство для реализации способа состоит из формирователя 1, генератора 2 опорного напряжения, логических элементов 3 и 4, коммутируемых фазовращателей 5 и 6, блока 7 управления, генератора 8 импульсов, счетчиков 9-11, вычислительного блока 12.

Сущность данного способа заключается в использовании определенных особенностей зависимости систематической погрешности от фазового сдвига. Зависимости, приведенные на фиг.1 и 2, описываются аналитическим выражением

$$\Delta\varphi(\varphi) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin 4n\varphi, \quad (1)$$

где d_n - коэффициенты, зависящие от n , отношения сигнал/шум и структуры помех (шумов).

Как видно из выражения (1) и графиков на фиг.1 и 2, зависимость $\Delta\varphi(\varphi)$ имеет свойство

$$\Delta\varphi(\varphi) = -\Delta\varphi(n \cdot 90^\circ - \varphi), \quad (2)$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$

На основании (2) можно записать

$$\Delta\varphi(\varphi) = -\Delta\varphi(\varphi + \varphi_0), \quad (3)$$

$$\text{где } \varphi_0 = [\varphi_0]_{\text{пр}} \quad (4)$$

приведенное к первому квадранту значение φ_0^*

$$\varphi_0^* = -2\varphi$$

Приведение к первому квадранту производится путем прибавления к φ_0^* угла $n \cdot 90^\circ$, где $n = 1, 2, \dots$ до тех пор, пока при некотором n не будет выполняться неравенство

$$0 \leq n \cdot 90^\circ - 2\varphi \leq 90^\circ \quad (5)$$

Значение $[\varphi_0^*]_{\text{пр}} = n \cdot 90^\circ - 2\varphi$ соответствует приведенному к первому квадранту углу.

Из свойства зависимости погрешности от фазового сдвига (3) вытекает предлагаемый способ, заключающийся в том, что один из сигналов, в частности измеряемый сигнал, сдвигают по фазе на угол φ_0 , определяемый по (4), и проводят дополнительное измерение, а измеряемый фазовый сдвиг вычисляют по формуле

$$\varphi_{\text{изм}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_0}{2} \quad (6)$$

При приведении фазового сдвига по опорному сигналу φ_0 определяется соотношением

$$\varphi_0 = [-\varphi]_{\text{пр}}, \quad (7)$$

а измеряемый фазовый сдвиг по формуле

$$\varphi_{\text{изм}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_0}{2}$$

При значении фазового сдвига, определяемого по формулам (3) или (7), погрешность в дополнительном измерении равна по абсолютной величине и противоположна по знаку погрешности первого измерения.

В зависимости от требуемой точности измерения операции сдвига фаз и дополнительного измерения проводят несколько раз, так как остаточная погрешность обусловлена тем, что значение фазового сдвига определяется неточно, с погрешностью первого измерения. Повысить точность измерения можно путем повторного проведения указанных операций. В этом случае точность определения фазового сдвига будет более высокой, соответственно повысится результирующая точность измерения.

В некоторых случаях целесообразно осуществлять фазовые сдвиги, равные $\varphi_0 = i 90^\circ / m$, где m - число дополнительных измерений, i - номер дополнительного измерения. В этом случае проводятся m дополнительных измерений, в каждом из которых вносимый фазовый сдвиг увеличивается на $90^\circ / m$. Погрешность при этом уменьшается до величины, определяемой в отличие от (1) формулой

$$\Delta\varphi(\varphi) = \sum_{n=m}^{\infty} d_n \sin 4n\varphi$$

т.е. из погрешности будут исключены m первых наиболее интенсивных составляющих.

Способ реализуется при помощи устройства следующим образом.

Измеряемый сигнал $S(t)$ подается на формирователь 1 где происходит его ограничение и далее на первые входы логических элементов 3 и 4. Генератор 2 опорного напряжения формирует две опорные прямоугольные импульсные последовательности, сдвинутые на 90° . Синфазная составляющая импульсной последовательности совпадает по фазе с опорным сигналом $S_0(t)$. Опорные импульсные последовательности сдвигаются по фазе при помощи коммутируемых фазовращателей 5 и 6 и поступают на вторые входы логических элементов 3 и 4. При помощи логических элементов 3 и 4 выполняются операции перемножения. Импульсные сигналы с логическими уровнями с выхода логических элементов 3 и 4 управляют работой счетчиков 9 и 10, во время действия логических единиц счетчик накапливает импульсы, поступающие с генератора 8 импульсов.

Все время измерения разбивается на несколько циклов. В первом цикле измеряется сдвиг фаз без введения дополнительного фазового сдвига φ_0 коммутируемого фазовращателя, т.е. $\varphi_0 = 0$. В счетчиках 9 и 11 накапливаются числа N_{C1} и N_{S1} . В счетчике 10, который открыт в течение цикла, накапливается число N_0 . В вычислительном блоке 12 результат измерения фазового сдвига вычисляется, например, по формуле

$$\varphi_1 = \arctg \frac{N_{C1} - N_0}{N_{S1} - N_0}$$

15 (возможна и другая формула).

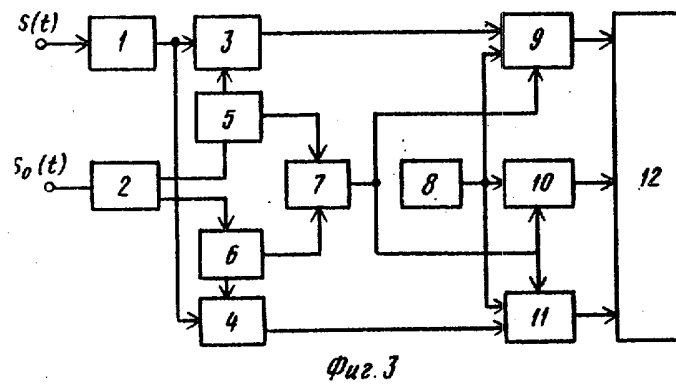
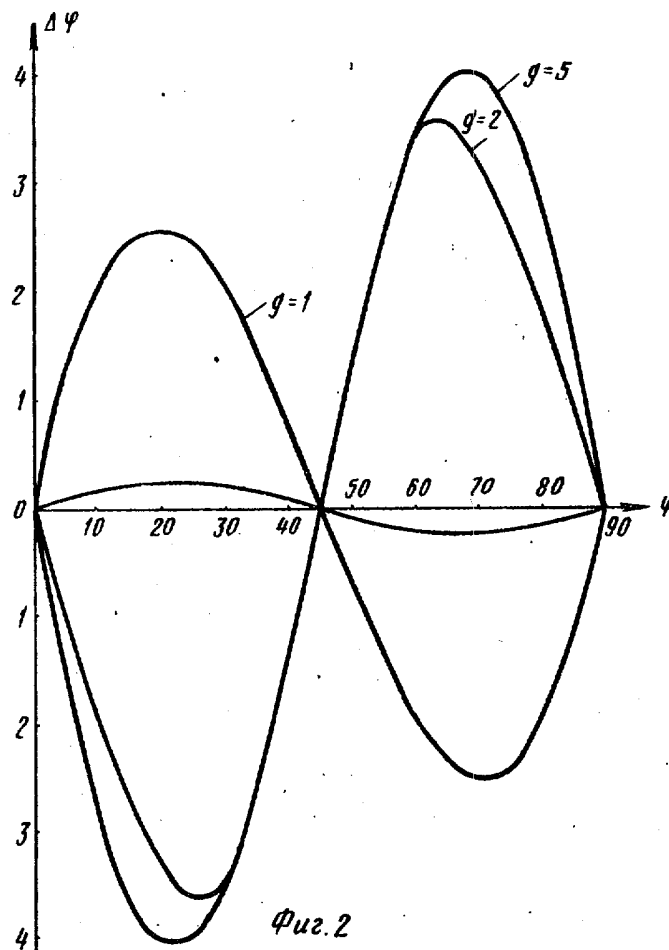
Во втором цикле вводится сдвиг $\varphi_0 = \varphi_1$, где φ_0 определяется по формуле (4). В вычислительном блоке 12 находится второе значение фазового сдвига

$$\varphi_2 = \arctg \frac{N_{C2} - N_0}{N_{S2} - N_0}$$

где N_{C2} , N_{S2} - числа, накопленные в счетчиках 9 и 11.

Результирующий фазовый сдвиг находится в вычислительном блоке 12 по формуле (6). Полученное значение фазового сдвига $\varphi_{изм}$ имеет погрешность, значительно меньшую, чем погрешность исходных измерений. Для повышения точности можно провести повторное измерение с уточненным значением вводимого фазового сдвига $\varphi_0 = \varphi_{02}$ (4), где в качестве φ берется полученное значение $\varphi_{изм}$.

Положительный эффект предлагаемого способа заключается в значительном повышении точности измерения сдвига фаз. Основная погрешность при использовании способа может быть уменьшена от значения 4° в известном способе до сотых долей градуса.



Составитель Л. Прохорова
 Редактор Н. Гришанова Техред М. Кузьма Корректор А. Ильин
 Заказ 7724/45 Тираж 710 Подписное
 ВНИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4