

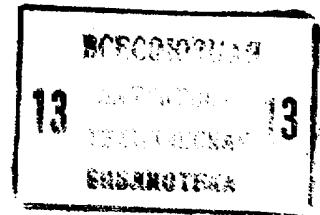


СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1092430** **A**

3 (5D) G 01 R 25/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3519948/18-21
- (22) 29.11.82
- (46) 15.05.84. Бюл. № 18
- (72) Н.О. Крышиков, Д.Л. Преснужин и В.А. Верстаков
- (71) Московский институт электронной техники
- (53) 621.317.7 (088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 938197, кл. G 01 R 25/08, 1982 (прототип).

(54) (57) **ЦИФРОВОЙ ФАЗОМЕТР**, содержащий генератор тактовых импульсов, блок синхронизации, счетчик, выходной регистр, четыре ключа, три триггера, сдвиговый регистр, умножитель частоты, инвертор, два управляемых инвертора, шесть формирователей импульсов, элемент ИЛИ, причем входы первого и второго формирователей импульсов соединены соответственно с первой и второй входными шинами фазометра, первый выход первого формирователя импульсов подключен к первому входу первого управляемого инвертора, а второй выход - к первым входам второго и третьего ключей, выход второго формирователя импульсов подключен к входам пятого и шестого формирователей импульсов, к первому входу сдвигового регистра и через умножитель частоты к второму входу сдвигового регистра, выход которого соединен с вторым входом третьего ключа и через инвертор - с вторым входом второго ключа, выход которого подсоединен к первому входу второго триггера, второй вход которого соединен с выходом третьего

ключа, выход первого управляемого инвертора через третий и четвертый формирователи импульсов подключен соответственно к первым входам первого и третьего триггеров, выходы которых соединены с первыми входами первого и четвертого ключей, второй вход третьего триггера подключен к выходу пятого формирователя импульсов и первому входу блока синхронизации, второй вход которого соединен с первым выходом генератора тактовых импульсов, первый выход блока синхронизации подключен к третьим входам первого и четвертого ключей, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами элемента ИЛИ, выход которого подключен к входу первого разряда счетчика, второй и третий выходы генератора тактовых импульсов соединены соответственно с вторыми входами первого и четвертого ключей, выходы счетчика с $(m-n+1)$ -го по $(m-1)$ -й подключены к входам выходного регистра с 1-го по $(n-1)$ -й соответственно, а m -й выход счетчика соединен с первым входом второго управляемого инвертора, выход которого подключен к n -му входу выходного регистра, вход записи которого соединен с вторым выходом блока синхронизации, подключенного третьим выходом к установочному входу счетчика, выход шестого формирователя соединен с вторым входом первого триггера, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения при малых соотношениях сигнал/шум, в него введены дополнительный счетчик и пятый ключ, первый вход кото-

(19) **SU** (11) **1092430** **A**

рого соединен с третьими входами второго и третьего ключей и третьим выходом блока синхронизации, второй вход пятого ключа подключен к выходу второго триггера, а третий вход - к выходу шестого формирователя, выход пятого ключа соединен с первым вхо-

дом дополнительного счетчика, второй вход которого подключен к четвертому выходу блока синхронизации, а выход дополнительного счетчика соединен с вторыми входами первого и второго управляемых инверторов.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано при создании цифровых фазометров повышенной точности, а также высокоточных преобразователей фазакод для управляющих цифровых вычислительных систем.

Известен цифровой фазометр, содержащий шесть формирователей, три триггера, четыре ключа, счетчик, элемент ИЛИ, генератор тактовых импульсов, сдвиговый регистр, умножитель частоты, два управляющих инвертора, блок синхронизации, выходной регистр и инвертор, причем выход первого триггера соединен с первым входом первого ключа, первый выход первого формирователя подключен к первому входу первого управляемого инвертора, выход второго формирователя соединен с первым входом сдвигового регистра, входом умножителя частоты и входами шестого и пятого формирователей, выход первого управляемого инвертора подключен к входам третьего и четвертого формирователей, второй выход первого формирователя соединен с первыми входами второго и третьего ключей, при этом выход сдвигового регистра подключен к второму входу третьего ключа и через инвертор к второму входу второго ключа, выход умножителя частоты соединен с вторым входом сдвигового регистра, выход второго ключа подсоединен к первому входу второго триггера, а выход третьего ключа соединен с вторым входом второго триггера, выход которого подключен к вторым входам обоих управляемых инверторов, выход четвертого формирователя соединен с первым входом третьего триггера, а

выход пятого формирователя - с вторым входом того же триггера и первым входом блока синхронизации, выход третьего триггера подключен к первому входу четвертого ключа, первый выход генератора тактовых импульсов соединен с вторым входом блока синхронизации, второй выход генератора тактовых импульсов подключен к второму входу первого ключа, а третий выход - к второму входу четвертого ключа, выход первого ключа подсоединен к первому входу элемента ИЛИ, а выход четвертого ключа - к второму входу элемента ИЛИ, выход которого подключен к входу первого разряда счетчика, первый выход блока синхронизации соединен с третьими входами первого и четвертого ключей, второй выход - с входом записи выходного регистра, третий выход - с установочным входом счетчика, а четвертый выход - с третьими входами второго и третьего ключей, выходы счетчика с $(m-n+1)$ -го по $(m-1)$ -й подключены к входам выходного регистра с 1-го по $(n-1)$ -й соответственно, а m -й выход счетчика соединен с первым входом второго управляемого инвертора, выход которого подключен к n -му входу выходного регистра. Это устройство является двухполупериодным цифровым фазометром с постоянным измерительным временем, в котором с целью уменьшения систематической шумовой погрешности измерение проводится вблизи середины линейного участка фазовой характеристики, для чего перед началом интервала измерения производится определение начального значения измеряемого сдвига фаз, после чего входной сигнал

в случае необходимости инвертируется [1].

Недостатком этого фазометра является то, что начальное значение сдвига фаз определяется за один период входного сигнала. При малых соотношениях сигнал/шум это может привести к возникновению грубых погрешностей измерения.

Цель изобретения - повышение точности измерения при малых соотношениях сигнал/шум.

Поставленная цель достигается тем, что в цифровой фазометр, содержащий генератор тактовых импульсов, блок синхронизации, счетчик, выходной регистр, четыре ключа, три триггера, сдвиговый регистр, умножитель частоты, инвертор, два управляемых инвертора, шесть формирователей импульсов, элемент ИЛИ, причем входы первого и второго формирователей соединены соответственно с первой и второй входными шинами фазометра, первый выход первого формирователя подключен к первому входу первого управляемого инвертора, а второй выход первого формирователя соединен с первыми входами второго и третьего ключей, выход второго формирователя подключен к входам пятого и шестого формирователей импульсов, к первому входу сдвигового регистра и через умножитель частоты к второму входу сдвигового регистра, выход которого соединен с вторым входом третьего ключа и через инвертор - с вторым входом второго ключа, выход которого подсоединен к первому входу второго триггера, второй вход которого соединен с выходом третьего ключа, выход первого управляемого инвертора через третий и четвертый формирователи импульсов подключен соответственно к первым входам первого и третьего триггеров, выходы которых соединены с первыми входами первого и четвертого ключей, второй вход третьего триггера подключен к выходу пятого формирователя и первому входу блока синхронизации, второй вход которого соединен с первым выходом генератора тактовых импульсов, первый выход блока синхронизации подключен к третьим входам первого и четвертого ключей, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами элемента ИЛИ, выход которого подключен к входу первого разряда

счетчика, второй и третий выходы генератора тактовых импульсов соединены соответственно с вторыми входами первого и четвертого ключей, выходы счетчика с $(m-n+1)$ -го по $(m-1)$ -й подключены к входам выходного регистра с 1-го по $(n-1)$ -й соответственно, а m -й выход счетчика соединен с первым входом второго управляемого инвертора, выход которого подключен к n -му входу выходного регистра, вход записи которого соединен с вторым выходом блока синхронизации, третий выход которого подключен к установочному входу счетчика, выход шестого формирователя импульсов соединен с вторым входом первого триггера, введены дополнительный счетчик и пятый ключ, первый вход которого соединен с третьими входами второго и третьего ключей и третьим выходом блока синхронизации, второй вход пятого ключа подключен к выходу второго триггера, а третий вход - к выходу шестого формирователя, выход пятого ключа соединен с первым входом дополнительного счетчика, второй вход которого подключен к четвертому выходу блока синхронизации, а выход дополнительного счетчика соединен с вторыми входами первого и второго управляемых инверторов.

На фиг.1 приведена блок-схема фазометра; на фиг.2 - блок-схема блока синхронизации.

Цифровой фазометр содержит первый и второй формирователи 1 и 2 импульсов, причем первый формирователь 1 импульсов состоит из последовательно соединенных первого усилителя-ограничителя 3, первого компаратора 4 и формирователя 5, второй формирователь 2 импульсов содержит последовательно соединенные второй усилитель-ограничитель 6 и второй компаратор 7, третий, четвертый, пятый и шестой формирователи 8-11 импульсов, инвертор 12, вход которого через сдвиговый регистр 13 и умножитель 14 частоты подключен к входам пятого и шестого формирователей 10 и 11, выход и вход инвертора 12 соединены соответственно с вторыми входами второго и третьего ключей 15 и 16, первый и четвертый ключ 17 и 18, второй, первый и третий триггеры 19-21, первый и второй управляемые инверторы 22 и 23, генератор 24 тактовых им-

пульсов, состоящий из формирователя 25 последовательностей импульсов, генератора 26 импульсов, блок 27 синхронизации, элемент 28 ИЛИ, выход которого соединен с входом счетчика 29, выходы которого с $(m-n+1)$ -го по $(m-1)$ -й соединены соответственно с входами 1-го по $(n-1)$ -й выходного регистра 30, последовательно соединенные пятый ключ 31 и дополнительный счетчик 32. Блок 27 содержит ключи 33 и 34, вход счетчика 35 соединен с выходом ключа 33, вход которого соединен с вторым входом блока 24 синхронизации, счетчик 36 подключен к выходу ключа 34, первый вход которого соединен с первым входом блока 27, первый вход элемента 37 ИЛИ подключен к входу "Работа-останов" блока 27, второй вход соединен с выходом формирователя 38 и вторым выходом блока 27, триггер 39 подключен к выходу триггера 40 и инвертора 41 и включен между счетчиком 36 и триггером 40, выход триггера 39 соединен с первым выходом блока 27.

Цифровой фазометр работает следующим образом.

Синусоидальные или прямоугольные напряжения X_1 и X_2 подаются на первую и вторую входные шины, причем напряжение X_2 является опорным.

Входные сигналы, пройдя через первый и второй усилители-ограничители 3 и 6, усиливаются и симметрично ограничиваются по амплитуде. С помощью первого и второго компараторов 4 и 7 происходит преобразование входных сигналов в напряжение прямоугольной формы с уровнями, совместимыми с используемой серией микросхем.

Полный диапазон значений измеряемого сдвига фаз φ_x разбивается на две области: 1) $0 \pm 90^\circ$ и 2) $180 \pm 90^\circ$.

Начальное значение сдвига фаз, определяющее, в какую из областей попадает φ_x , находится путем усреднения в течение нескольких периодов входных сигналов в интервале подготовки, когда блок 24 синхронизации снимает блокировку ключей 15 и 16. Ключи 17 и 18 в этот момент заблокированы.

Формирователь 5 выдает короткий импульс в момент появления переднего фронта сигнала X_1 . Этот импульс попадает на первые входы ключей 15 и

16, на вторые входы которых с выхода сдвигового регистра 13 подается сигнал X_2 , сдвинутый на $1/4$ периода, причем на ключ 15 - через инвертор 12. На тактовый вход сдвигового регистра 13 поступают импульсы с частотой следования f , сформированные умножители 14 из сигнала X_2 , причем, если $f = f_{\text{вх}} \cdot 16$, то выходом сдвигового регистра 13 служит выход четвертого его разряда. В этом случае колебания границ областей происходят в пределах $1/16$ периодов входных сигналов независимо от частоты $f_{\text{вх}}$ и практически не оказывают влияния на точность измерения. Если φ_x находится в первой области, импульс, пройдя через ключ 15, попадает на первый вход триггера 19. При прохождении φ_x во второй области импульс попадает на второй вход триггера 19, который запоминает начальное значение сдвига фаз, определяемое в течение одного периода входных сигналов. На первый вход счетчика 32, в котором происходит усреднение начального значения сдвига фаз, через ключ 31 поступают импульсы с формирователя 11 в течение интервала подготовки, определяемого блоком 27 при условии наличия логической единицы на выходе триггера 19. Число периодов входных сигналов, входящих в интервал подготовки, равно 2^k , где k - количество разрядов счетчика 32. Если начальное значение сдвига фаз, соответствующее логической единице на выходе триггера 19, больше, чем в половине периодов входных сигналов, входящих в интервал подготовки, на выходе счетчика 32, появляется логическая единица, что свидетельствует о нахождении φ_x во второй области (вблизи точки разрыва фазовой характеристики).

По окончании интервала подготовки происходит измерение. При этом, если φ_1 находится в первой области, сигнал X_1 проходит через управляемый инвертор 22 без инверсии и попадает на входы формирователей 8 и 9. Сигнал X_2 попадает на входы формирователей 10 и 11. Формирователи 8 и 10 вырабатывают импульсы, привязанные к передним фронтам сигналов X_1 и X_2 а формирователи 9 и 11 - к задним фронтам. Триггеры 20 и 21 формируют фазовые интервалы

и управляют ключами 17 и 19, которые в этот момент разблокированы. На вторые входы ключей 17 и 18 с выходов генератора 24 тактовых импульсов поступают последовательности счетных импульсов, сдвинутых по фазе на 180° друг относительно друга. Пройдя через ключи 17 и 18 эти последовательности попадают на элемент 28 ИЛИ и далее на тактовый вход счетчика 29.

По окончании интервала измерения блок 27 синхронизации блокирует ключи 17 и 18 и вырабатывает строб записи содержимого счетчика 29 в выходной регистр 30. Если φ_x находится в первой области, что старший разряд выходного кода N_x передается через инвертор 23 без инверсии.

С началом ближайшего периода опорного сигнала происходит следующий цикл измерения, при этом, если φ_x находится во второй области, сигнал X_1 инвертируется управляемым инвертором 22, что эквивалентно внесению дополнительного фазового сдвига в 180° . Для компенсации внесенного фазового сдвига старший разряд кода N_x инвертируется инвертором 23.

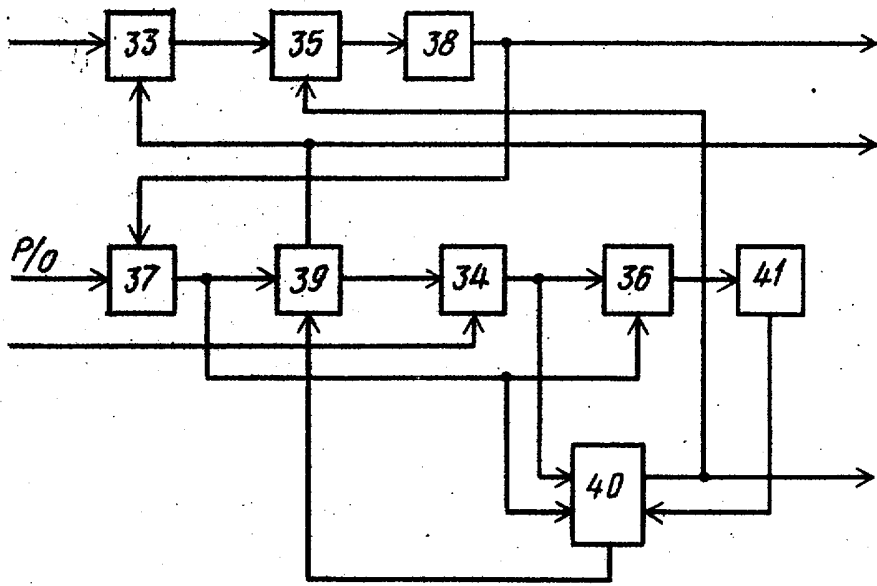
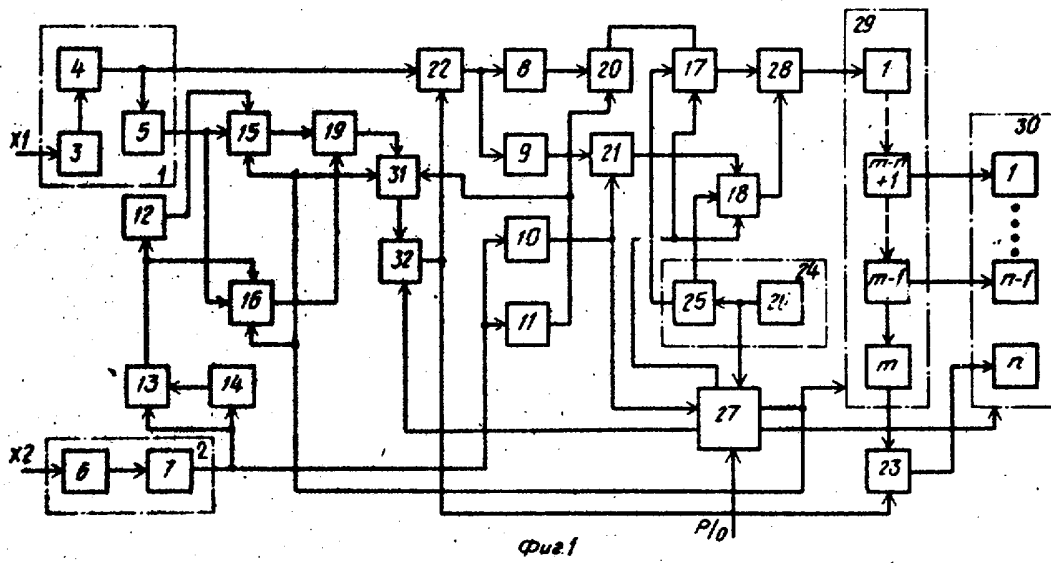
Блок 27 работает следующим образом.

Перед началом работы (на входе "Работа - останов" - логическая единица) все триггеры и счетчики находятся в нулевом состоянии. При появлении на входе "Работа - останов" нулевого уровня первым же импульсом с выхода формирователя 10 через ключ 34 взводится триггер 40, при этом начинается интервал подготовки, а счетчик 29 устанавливается в ноль. Импульсы с выхода формирователя 10, проходящие через ключ 34, подсчитываются счетчиком 36, число разрядов которого равно K . При накоплении

счетчиком 36 2^k импульсов на его выходе появляется логический ноль, который через инвертор 41 сбрасывает триггер 40. При этом взводится триггер 39, интервал подготовки заканчивается и начинается интервал измерения. Длительность интервала измерения определяется времязадающим счетчиком 35, на тактовый вход которого через ключ 33 поступают импульсы с выхода генератора 26 импульса. Формирователь 38 по окончании интервала измерения вырабатывает короткий импульс, служащий стробом записи с выходного регистра 30 и, проходящий через элемент ИЛИ 37, сбрасывающий триггер 39.

Фазовая характеристика цифрового фазометра непрерывна в пределах от -180° до $+180^\circ$, причем значению $\varphi_x = -180^\circ$ соответствует значение кода $N_x = 0$, а значению $\varphi_x = +180^\circ$ - значение кода $N_x = N_{x \max}$.

Таким образом, повышение точности измерений при малых соотношениях сигнал/шум достигается тем, что обработка сигналов производится вблизи середины непрерывного участка фазовой характеристики при любых значениях φ_x . За счет усреднения начального значения сдвига фаз в течение нескольких периодов входных сигналов значительно уменьшается вероятность возникновения грубых погрешностей измерения, обусловленных неправильным определением начального значения сдвига фаз за один период входных сигналов при малых соотношениях сигнал/шум. Влияние смещения нулевых уровней входных сигналов на точность измерения устраняется путем использования двухполупериодного способа формирования фазовых интервалов.



Фиг. 2

Составитель Н. Каплин

Редактор И. Касарда

Техред С. Мигунова Корректор И. Эрдей

Заказ 3249/29

Тираж 711

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4