



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 980013

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 05.12.80 (21) 3215773/18-21

с присоединением заявки № 3212749/21

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.12.82. Бюллетень № 45

Дата опубликования описания 07.12.82

(51) М. Кл.³

G01R 25/00

(53) УДК 621.317.

.77(088.8)

(72) Автор
изобретения

В. И. Тимофеев

(71) Заявитель

Центральное конструкторское бюро гидрометеорологического
приборостроения

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА ФАЗ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано при создании цифровых фазометров для измерения сдвига фаз электрических колебаний низкой частоты.

Известен способ измерения фаз, заключающийся в том, что подсчитывают за калиброванный интервал времени число периодов известной частоты, попавших в промежутки времени между моментами смены полярности входных сигналов, причем дискретно изменяют в течение начального промежутка времени частоту заполнения с приходом каждого импульса с выхода m -го разряда счетчика, перезаписывая при этом единицу в том же разряде, запоминают частоту счета, которой заполняют счетчик, и затем фиксируют появление импульса в предпоследнем разряде счетчика, чтобы с приходом после этой фиксации импульса окончания ближайшего из набора калиброванных интервалов времени, на-

чало которых совпадают, закончить счет [1].

К недостаткам известного способа относятся большое время измерения (несколько периодов измеряемых колебаний), что может привести к значительной ошибке в измерении, если за время измерения фазовый сдвиг меняется; кроме того, появляется дополнительная погрешность измерения сдвига фаз из-за несинхронности окончания калиброванного интервала времени и конца интервала фазы.

Наиболее близким к предлагаемому является способ измерения сдвига фаз, заключающийся в том, что подсчитываются импульсы частоты счета за временной интервал, пропорциональный сдвигу фаз исследуемых колебаний, за интервал времени, пропорциональный периоду исследуемых колебаний, дискретно изменяют частоту счета с каждым переполнением счетчика, запоминают частоту

счета, при этом количество импульсов, пропорциональное значению остатка от деления периода исследуемых колебаний на число, кратное минимальному периоду исследуемого колебания, записанному в счетчике, равномерно распределяют по периоду исследуемых колебаний, одновременно вычитая их из импульсов частоты счета, заполняющих временной интервал, пропорциональный сдвигу фаз [2].

Недостаток такого способа — пониженная точность измерения, обусловленная динамической погрешностью. Кроме того, при измерении сдвига фаз на низких и сверхнизких (инфранизких) частотах значительно время измерения (до двух периодов частоты исследуемых колебаний).

Известно устройство для изменения сдвига фаз, содержащее формирователь, соединенный через блок управления с входами первого и второго вентилях, дешифратор, соединенный с первыми входами группы элементов И, счетчики и регистрирующий счетчик, преобразователь код-напряжение, управляющий генератором ударного возбуждения [3].

Недостатком такого устройства является низкая точность. Кроме того, перед началом измерения требуется некоторое время для предварительной установки частоты и последующей автоматической подстройки частоты генератора ударного возбуждения. При неправильном захвате частоты схемой автоподстройки (более чем однократное переполнение делителя) сдвиг фаз измеряется неточно.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является цифровой фазометр, содержащий формирователь, блок управления, элементы И, счетчики, блок вычитания импульсов, двоичный умножитель, генератор опорных частот, дешифратор, группу элементов И, элемент ИЛИ [4].

Недостаток известного устройства — невысокая точность измерения, обусловленная динамической погрешностью, когда на первом такте работы устройства измеряется период T , а на втором такте, во время измерения τ , значение T может быть иным. Другим недостатком является то, что время измерения сдвига фаз может достигать величины двух периодов исследуемых колебаний. При измерении сдвига фаз на низких и инфранизких частотах это время может быть значительным.

Цель изобретения — повышение точности измерения и быстродействия.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу измерения сдвига фаз, заключающемся в том, что заполняют период исследуемых колебаний импульсами первой частоты счета, дискретно уменьшают эту частоту с каждым переполнением счетчика, заполняют временной интервал, пропорциональный сдвигу фаз импульсами, равномерно распределяют количество импульсов, пропорциональных значению остатка от деления периода исследуемых колебаний на число, кратное минимальному периоду исследуемых колебаний, на первом такте формируют вторую частоту счета, дискретно увеличивают ее с каждым переполнением счетчика и заполнение временного интервала пропорционального сдвигу фаз, осуществляют импульсами постоянной частоты, запоминают полученное количество импульсов на втором такте, одновременно формируют временной интервал, списыванием запомненного количества импульсов импульсами второй частоты счета, при этом распределение производят по максимальному значению сформированного временного интервала, соответствующего сдвигу фаз 360° , вычитая их из импульсов постоянной частоты, по полученной разности судят о сдвиге фаз.

В устройство для осуществления способа измерения сдвига фаз, содержащее генератор частот, первые выходы которого через первую группу элементов И, другие входы которых соединены с выходами первого дешифратора, соединены с входами первого элемента ИЛИ, выход которого соединен с входом первого элемента И, другой вход которого соединен с первым входом устройства, а выход соединен с входом счетчика, старшие разряды которого соединены с входами первого дешифратора, а младшие разряды соединены с первым входом блока деления, второй элемент И, один вход которого соединен с вторым входом устройства, введены вторая группа элементов И, второй дешифратор, второй элемент ИЛИ, реверсивный счетчик, третий и четвертый элементы И, формирователь и триггер, входы которого соединены с выходами реверсивного счетчика и формирователя, вход которого соединен с первым входом устройства, вторые входы генератора частот через вторую группу элементов И, другие входы которых соединены с выходами второго дешифратора,

соединены с входами второго элемента ИЛИ, выход которого соединен с первым входом третьего элемента И, третий вход генератора частот соединен с вторым входом второго элемента И и первым входом четвертого элемента И, вторые входы третьего и четвертого элементов И соединены с выходом триггера, выходы второго и третьего элементов И соединены с суммирующим и вычитающим входами реверсивного счетчика соответственно, выход четвертого элемента И соединен с входом блока деления, причем входы второго дешифратора соединены с выходами старших разрядов первого счетчика.

На чертеже изображена функциональная схема устройства для осуществления способа измерения сдвига фаз.

Устройство содержит формирователь 1, триггер 2, элементы И 3-6, счетчик 7 с младшими разрядами 8 и старшими разрядами 9, блок 10 деления, в состав которого входят блок 11 вычитания импульсов, двоичный умножитель 12, счетчик 13, реверсивный счетчик 14, дешифраторы 15 и 16, генератор 17, группы элементов И 18'...18^К, 19'...19^К, элементы ИЛИ 20 и 21. На первый вход 22 устройства поступает сигнал периода T исследуемых колебаний. На второй вход 23 - сигнал интервала τ , который прямопропорционален сдвигу фаз.

Сдвиг фаз измеряют с помощью устройства следующим образом.

На первом такте работы устройства на вход 22 поступает сигнал T , на вход 23 - сигнал τ

$$\tau = \frac{\varphi}{360^\circ} T,$$

где φ - сдвиг фаз.

Генератор 17, группа элементов И 18, элемент ИЛИ 21, дешифратор 15 предназначены для формирования второй частоты счета $F_{сч2}$.

Генератор частот 17, группа элементов И 19, элемент ИЛИ 21 дешифратор 16 предназначены для формирования первой частоты счета $F_{сч1}$. Дешифраторы 15 и 16 предназначены для определения участка (номера диапазона), в котором находится значение T . На время T элемент И 3 открыт, на его второй вход поступают импульсы первой частоты счета $F_{сч1}$, с выхода элемента 21 ИЛИ.

Исходная частота на выходе генератора 17 частот выбирается из условия

$$F_{сч1} = F_{сч2} = F_0 = \frac{360^\circ}{\Delta\varphi} F_{\max},$$

где $\Delta\varphi$ - заданная дискретность измерения сдвига фаз;

$F_{\max}$ - максимальная частота исследуемых колебаний.

За период T счетчик 7 управляет работой генератора 17 частот, уменьшая (увеличивая) частоту $F_{сч1}$ ($F_{сч2}$) на выходе элемента ИЛИ 21 (ИЛИ 20) в K раз при каждом переполнении младших разрядов 8 счетчика 7 (K - целое число, равное выбранному увеличению текущего значения, измеряемого периода по отношению к ранее измеренному, в случае двоичных счетчиков $K=2$).
Емкость N младших разрядов 8 счетчика 7 соответствует заданной дискретности измерения сдвига фаз

$$N = \frac{360^\circ}{\Delta\varphi} = F_0 T_{\min}.$$

При переполнении импульсами первой частоты счета $F_{сч}$ младших разрядов 8 в старшие разряды 9 счетчика 7 записывается один импульс (это означает, что вышли на границу первого рабочего диапазона, где $T \geq T_{\min}$, в этом случае частота $F_{сч1} = F_0$ не изменяется). Если до окончания периода исследуемых колебаний младшие разряды 8 счетчика 7 не переполняются импульсами $F_{сч1} = F_0$, то на этом первый такт измерения заканчивается. В младших разрядах 8 счетчика 7 записано значение N_1 ,

$$N_1 = F_0 (T - T_{\min}),$$

где

$$T_{\min} = \frac{1}{F_{\max}} = \frac{N}{F_0}$$

Если до окончания периода исследуемых колебаний младшие разряды 8 счетчика 7 переполняются еще раз, в старшие разряды 9 счетчика 7 поступает еще один импульс, дешифратор 16 подает разрешение на элемент И из группы 19' - 19^К, на второй вход которого поступает частота $F_0/2$, а дешифратор 15 подает разрешение на элемент И из группы 18' - 18^К, на второй вход которого поступает частота $2F_0$. Если до окончания периода исследуемых колебаний младшие разряды 8 счетчика 7 не переполняются импульсами $F_{сч} = F_0/2$, то

на этом первый такт измерения заканчивается. В младших разрядах 8 счетчика 7 записано значение N_2 .

$$N_2 = \frac{F_0}{2} (T - T_{\min 2}).$$

Если до окончания периода исследуемых колебаний младших разрядов 8 счетчик 7 переполнится еще раз, то в старшие разряды 9 счетчика 7 поступает еще один импульс, дешифратор 16 подает разрешение на элемент И из группы 19¹ - 19^к, на второй вход которого поступает частота $F_0/4$, а дешифратор 15 подает разрешение на элемент И из группы 18 - 18^к, на второй вход которого поступает частота $4F_0$ и т.д. до окончания периода исследуемых колебаний. После окончания первого такта измерения на выходе элемента ИЛИ 21 устанавливается частота $F_{сч1}$.

$$F_{сч1} = F_0 / 2^m,$$

где

$$m = \text{Ent} \left[\log_2 \frac{T}{T_{\min}} \right];$$

Ent - целая часть выражения в скобках.

На выходе элемента ИЛИ 20 устанавливается вторая частота счета $F_{сч2}$.

$$F_{сч2} = F_0 2^m.$$

В младших разрядах 8 счетчика 7 записано количество импульсов N_T .

$$N_T = F_{сч} (T - T_{\min 2^m}) = F_{сч} T - F_0 T_{\min} = F_{сч} T - N.$$

Другими словами, перед началом измерения устройство подготовлено для измерения сдвига фаз на максимальной частоте исследуемых колебаний, если же частота меньше, то автоматически подстраивается первая частота счета $F_{сч1}$ (вторая частота счета $F_{сч2}$) в зависимости от частоты исследуемых колебаний. Кроме того, на первом такте измерения временной интервал τ , поступающий на вход элемента И 5, заполняется импульсами постоянной частоты F_0 , поступающей на второй вход. Количество импульсов $N\tau$, поступивших через элемент И 5 на суммирующий вход реверсивного счетчика 14 равно

$$N\tau = F_0 \tau = F_0 \frac{\varphi}{360^\circ} T.$$

По заднему фронту периода исследуемых колебаний T формирователь 1 вырабатывает импульс, который устанавливает триггер 2 в состояние "1", и начинается второй такт измерения. На вычитающий вход реверсивного счетчика 14 через элемент И 6 будут поступать импульсы частоты $F_{сч}$. После обнуления счетчика 14 импульс обнуления с его выхода поступает на вход триггера 2, возвращая его в исходное, нулевое состояние. На этом второй такт измерения заканчивается. Время t , в течение которого триггер 2 находился в состоянии "1", равно

$$t = \frac{N\tau}{F_{сч}} = \frac{F_0 \varphi T}{360^\circ} = \frac{1}{2^m F_0} = \frac{\varphi}{360^\circ} \cdot \frac{T}{2^m}.$$

За время t через элемент И 4 на вход блока 10 деления поступают импульсы частоты F_0 .

$$F_{11} = F_0 - F_{12}; \quad F_{12} = F_{11} \frac{N_T}{N},$$

где N - емкость счетчиков 8 и 13.

$$F_{11} = F_0 - F_{11} \frac{N_T}{N}; \quad F_{11} \left(1 + \frac{N_T}{N} \right) = F_0;$$

$$F_{11} = \frac{F_0}{1 + \frac{N_T}{N}} = \frac{F_0}{N + F_{сч} T N} = \frac{F_0}{F_{сч} T} = 2^m \frac{N}{T}.$$

За время t на выходе блока 11 вычитания импульсов на выход устройства поступает количество импульсов $N_{\text{вых}}$.

$$N_{\text{вых}} = t F_{11} = \frac{\varphi}{360^\circ} \cdot \frac{T}{2^m} \cdot 2^m \frac{N}{T} =$$

$$\frac{\varphi}{360^\circ} N = \frac{\varphi}{360^\circ} \frac{360^\circ}{\Delta\varphi} = \frac{\varphi}{\Delta\varphi},$$

которое зависит только от измеряемого сдвига фаз и не зависит от частоты исследуемого колебания и генератора частот.

По сравнению с известным способом и устройством, осуществляющим данный способ, в предлагаемом изобретении повышена точность измерения, поскольку и период T , и интервал τ относятся к одному периоду исследуемых колебаний. Кроме того, быстродействие измерения также повышено за счет того, что на втором такте формируется временной интервал в K^m раз менее короткий, чем интервал на первом такте измерения.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ измерения сдвига фаз, заключающийся в том, что заполняют период исследуемых колебаний импульсами первой частоты счета, дискретно уменьшают эту частоту с каждым переполнением счетчика, заполняют временной интервал, пропорциональный сдвигу фаз импульсами, равномерно распределяют количество импульсов, пропорциональных значению остатка от деления периода исследуемых колебаний на число, кратное минимальному периоду исследуемых колебаний, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности измерения и быстродействия, на первом такте формируют вторую частоту счета, дискретно увеличивают ее с каждым переполнением счетчика, заполнение временного интервала, пропорционального сдвигу фаз, осуществляют импульсами постоянной частоты, запоминают полученное количество импульсов на втором такте, одновременно формируют временной интервал списыванием запомненного количества импульсов импульсами второй частоты счета, при этом распределение производят по максимальному значению сформированного временного интервала, соответствующего сдвигу фаз 360° , вычитая их из импульсов постоянной частоты, по полученной разности судят о сдвиге фаз.

2. Устройство для осуществления способа измерения сдвига фаз, содержащее генератор частот, первые выходы которого через первую группу элементов И, другие входы которых соединены с выходами первого дешифратора, соединены с входами первого элемента ИЛИ, выход которого соединен с входом первого элемента И, другой вход которого соединен с первым входом устройства, а выход соединен с входом счетчика, старшие разряды которого соединены с

входами первого дешифратора, а младшие разряды соединены с первым входом блока деления, второй элемент И, один вход которого соединен с вторым входом устройства, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности и быстродействия, в него введены вторая группа элементов И, второй дешифратор, второй элемент ИЛИ, реверсивный счетчик, третий и четвертый элементы И, формирователь и триггер, входы которого соединены с выходами реверсивного счетчика и формирователя, вход которого соединен с первым входом устройства, вторые выходы генератора частот через вторую группу элементов И, другие входы которых соединены с выходами второго дешифратора, соединены с входами второго элемента ИЛИ, выход которого соединен с первым входом третьего элемента И, третий вход генератора частот соединен с вторым входом второго элемента И и первым входом четвертого элемента И, вторые входы третьего и четвертого элементов И соединены с выходом триггера, выходы второго и третьего элементов И соединены с суммирующим и вычитающим входами реверсивного счетчика соответственно, выход четвертого элемента И соединен с входом блока деления, причем входы второго дешифратора соединены с выходами старших разрядов первого счетчика.

Источники информации,

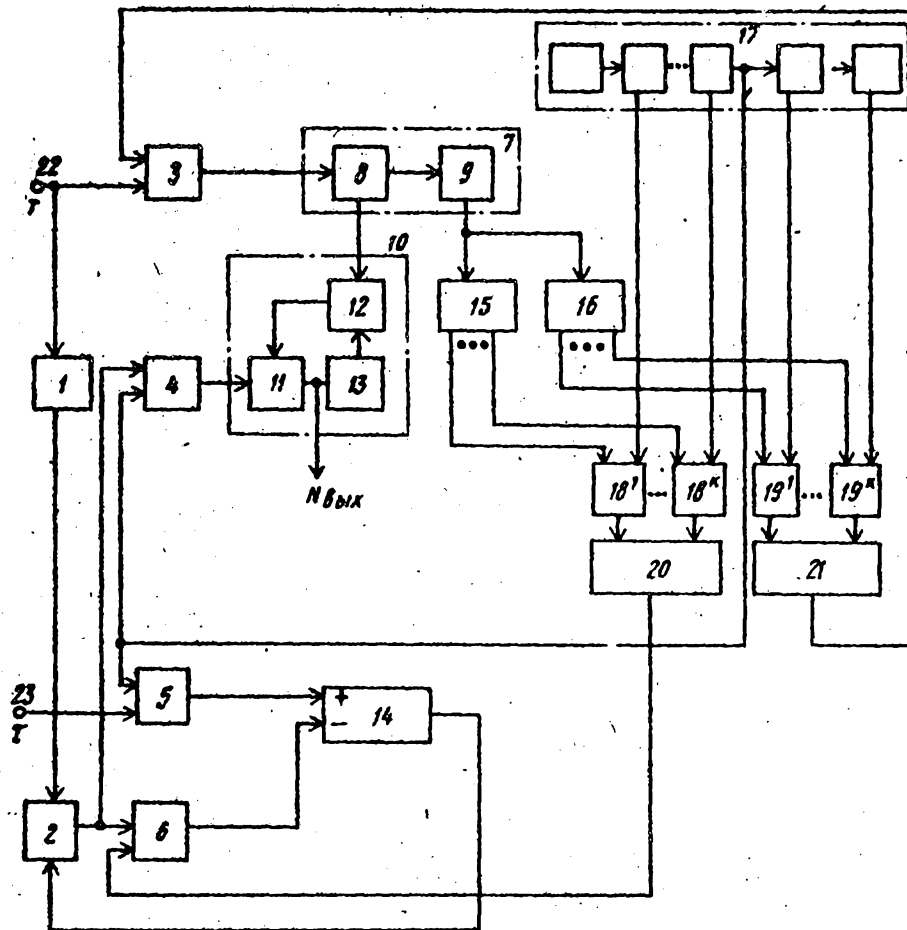
принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 248073, кл. G01R 25/00, 1968.

2. Авторское свидетельство СССР № 581443, кл. G01R 25/00, 05.03.76.

3. Смирнов П. Т. Цифровые фазометры. Л., "Энергия", 1974, с. 22.

4. Авторское свидетельство СССР № 653577, кл. G01R 25/00, 25.03.79.



Составитель Н. Агеева
 Редактор И. Ковальчук Техред А. Бабинец Корректор Л. Бокшан
 Заказ 9352/35 Тираж 717 Подписное
 ВНИИПИ 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