

Изобретение относится к измерительной технике и может найти применение в процессе промышленных испытаний электромеханических преобразователей энергии.

Известен датчик угловой скорости, содержащий модулятор в виде цилиндра, внутри которого установлен неподвижный стакан с прямоугольным отверстием в боковой поверхности. Ширина этого отверстия равна ширине отверстий модулятора. Над модулятором, напротив отверстия в стакане расположен линейный фотоприемник. Внутри стакана установлено зеркало, оптически связывающее источник света с фотоприемником. При вращении модулятора происходит изменение равномерного светового потока, попадающего на фотоприемник. На входе фотоприемника формируются треугольные импульсы напряжения, крутизна переднего и заднего фронтов которых прямо пропорциональна угловой скорости вращения. Путем дифференцирования выходного сигнала можно получить напряжение, уровень которого прямо пропорционален угловой скорости вращения (А.с. СССР №669291, кл. G01P3/46, 1979, №23).

Этому устройству присущи следующие недостатки. Площадь отверстия, через которое световой поток попадает на фотоприемник, нелинейно зависит от угла поворота модулятора. Это приводит к тому, что производная выходного сигнала нелинейно зависит от угловой скорости, что обуславливает возникновение систематической погрешности измерения. Частота выходных импульсов треугольного напряжения фотоприемника равна произведению числа отверстий модулятора на частоту вращения модулятора. Фотоприемник, входящий в состав датчика, имеет определенную граничную частоту и при определенной частоте вращения погрешность первичного преобразования угловой скорости вращения в крутизну фронтов треугольных импульсов напряжения существенно увеличится. Поэтому чем больше отверстий имеет модулятор, тем ниже верхний предел измерения. Возле максимумов и минимумов треугольного напряжения, из-за ограниченного быстродействия фотоприемников происходит сглаживание вершин, что приводит к увеличению погрешности первичного преобразования. Кроме того, около минимумов треугольного напряжения будет существенно проявляться погрешность первичного преобразования, обусловленная технологической неточностью выполнения элементов модулятора. Чем больше отверстий имеет модулятор, тем больше частота следования треугольных импульсов напряжений и тем больше погрешность первичного преобразования, обусловленная ограниченным быстродействием фотоприемников и технологической неточностью выполнения элементов модулятора.

Известно устройство для измерения угловой скорости, датчик которого содержит источник света, линейный фотоприемник, выходное напряжение которого прямо пропорционально световому потоку, модулятор светового потока в виде диска, связанный с вращающимся валом и имеющий прозрачные и непрозрачные элементы равной угловой ширины, диафрагму, установленную перед линейным

фотоприемником. При вращении модулятора происходит изменение светового потока, падающего через элементы модулятора и диафрагму на фоточувствительный слой линейного фотоприемника. На выходе линейного фотоприемника формируются треугольные импульсы напряжения, крутизна фронтов которых прямо пропорциональна угловой скорости вращения (А.с. СССР №62226, кл. G01P15/00, 1940).

Этому устройству для измерения угловой скорости присущи следующие недостатки. Частота выходных импульсов фотоприемника датчика устройства равна произведению числа прозрачных элементов модулятора на частоту вращения модулятора. В связи с тем, что полоса пропускания фотоприемника ограничена, то при определенной частоте вращения погрешность первичного преобразования угловой скорости вращения в крутизну фронтов треугольных импульсов напряжения существенно увеличится вследствие спада амплитудно-частотной характеристики фотоприемника. Чем больше число прозрачных элементов модулятора, тем выше частота следования выходных треугольных импульсов фотоприемников и тем ниже верхний предел измерения. Кроме того, около максимумов и минимумов треугольных импульсов напряжения возникает сглаживание их вершин вследствие ограниченного быстродействия линейного фотоприемника, а также около минимумов треугольных импульсов напряжения существенно проявляется погрешность, обусловленная неточностью выполнения элементов модулятора и диафрагмы, причем чем больше частота следования импульсов, тем выше погрешность первичного преобразования, обусловленная этими факторами.

Наиболее близким по технической сущности является датчик угловой скорости, содержащий источник света, модулятор светового потока в виде диска, в котором выполнены прозрачные и непрозрачные элементы равной угловой ширины, два линейных фотоприемника, сдвинутых между собой на угол который в полтора раза больше угловой ширины прозрачных и непрозрачных элементов модулятора относительно центра модулятора, диафрагму, установленную перед линейными фотоприемниками, логическую схему, включающую в себя четыре компаратора напряжения, логический элемент ИЛИ, четыре логических элемента ИЛИ-НЕ, два логических элемента И-НЕ, счетный триггер, аналоговый коммутатор, два источника опорного напряжения, формирователь сигнала "Сброс", схему запуска объекта. Диафрагма, установленная перед фотоприемниками имеет форму кругового сектора. При вращении модулятора на выходе линейных фотоприемников появляется треугольное напряжение, крутизна переднего и заднего фронта которого прямо пропорциональна угловой скорости вращения. К выходу датчика, посредством логической схемы, подключается выходной сигнал того линейного фотоприемника, выходной сигнал которого не находится около своего максимума или минимума. Дифференцируя выходной сигнал датчика получают напряжение прямо пропорциональное угловой скорости вращения (Позитивне рішення про видачу патенту на винахід без проведення експерименту по суті,

вих. №5647 від 03.02.1997, кл. G01P3/44).

Этот датчик угловой скорости имеет следующие недостатки. Частота выходных треугольных импульсов каждого линейного фотоприемника равна произведению частоты вращения модулятора на число его прозрачных элементов. Так как фотоприемники имеют определенную граничную частоту, то при определенной частоте вращения погрешность первичного преобразования угловой скорости вращения в крутизну фронтов треугольных импульсов напряжения существенно увеличится вследствие ограниченной полосы пропускания линейных фотоприемников. Чем больше число прозрачных элементов модулятора, тем выше частота следования выходных треугольных импульсов фотоприемников и тем ниже верхний предел измерения.

В основу изобретения поставлена задача создания датчика угловой скорости для динамических измерений, в котором за счет изменения формы диафрагмы, формы прорези модулятора, изменения угла между линейными фотоприемниками, обеспечивается формирование двух импульсов пилообразной формы за один оборот вала, крутизна переднего фронта которых прямо пропорциональна мгновенной угловой скорости, что позволяет повысить верхний предел измеряемой угловой скорости.

Поставленная задача решается тем, что в датчике угловой скорости для динамических измерений, содержащий источник света, модулятор светового потока, два линейных фотоприемника, диафрагму, установленную перед линейными фотоприемниками, два компаратора напряжений, выходы которых присоединены ко входам элемента ИЛИ, выход которого присоединен к тактовому входу счетного триггера, прямой выход которого присоединен к адресному входу аналогового коммутатора, выходы первого и второго линейного фотоприемников присоединены к сигнальным входам аналогового коммутатора и к прямым входам компараторов напряжения, формирователь сигнала "Сброс", выход которого присоединен ко входу сброса счетного триггера и ко входу устройства запуска объекта измерения, выход которого присоединен ко входу питания объекта измерения, источник опорного напряжения, выход которого присоединен к инверсным входам компараторов, в котором согласно изобретению угол между фотоприемниками относительно центра модулятора равен  $180^\circ$ , конфигурация диафрагмы ограничена двумя лучами, начинающимися в центре модулятора, форма прорези модулятора ограничена двумя кривыми, уравнения которых в полярных координатах, центр которых совпадает с центром модулятора, относительно произвольной оси, проходящей через центр модулятора,  $\rho_1(\varphi) = R_0$ ,

$\rho_2(\varphi) = \sqrt{R_0^2 + a\varphi}$ , где  $\varphi$  - угловая координата относительно оси;  $R_0$  - константа, которая является радиусом окружности, которой является функция  $\rho_1(\varphi)$ ,  $a$  константа, которая определяет максимальную ширину прорези;  $\pi$  - число пи, выходом датчика угловой скорости для динамических измерений является выход

аналогового коммутатора. Вследствие уменьшения частоты светового потока, падающего на фоточувствительный слой линейного фотоприемника, и как следствие, уменьшения частоты выходного сигнала линейных фотоприемников, увеличивается верхний предел измеряемой угловой скорости вращения.

На фиг.1 представлен схематический чертеж датчика угловой скорости для динамических измерений; на фиг.2 - разрез А - А на фиг.1; на фиг.3 - функциональная схема датчика угловой скорости для динамических измерений; на фиг.4 - временные диаграммы напряжений в точках, указанных на фиг.3, поясняющие работу датчика угловой скорости для динамических измерений.

Датчик угловой скорости для динамических измерений содержит вал 1 (фиг.1, 2), который механически сопрягается с модулятором 2, в котором выполнены прорезь 3 (фиг.2). Перед модулятором 2 расположен источник света 4 (фиг.1). По другую сторону модулятора 2, напротив источника света 4 расположен первый линейный фотоприемник 5 и второй линейный фотоприемник 6, перед которыми установлена диафрагма 7. Первый линейный фотоприемник 5 и второй линейный фотоприемник 6 и остальные электронные компоненты датчика угловой скорости для динамических измерений установлены на плате 8. Вал 9 (фиг.3) объекта измерения 10 сопрягается с валом 1 датчика угловой скорости для динамических измерений. Выход 11 прямого линейного фотоприемника 5 соединен с прямым входом 12 первого компаратора 13, выход 14 второго линейного фотоприемника 6 соединен с прямым входом 15 второго компаратора 16. Выход 17 источника опорного напряжения 18 присоединен к инверсному входу 19 второго компаратора 16 и к инверсному входу 20 первого компаратора 13, выход 21 которого присоединен к первому входу 22 элемента ИЛИ 23. Выход 24 второго компаратора 16 присоединен ко второму входу 25 элемента ИЛИ 23. Выход 26 элемента ИЛИ 23 присоединен ко входу 27 счетного триггера 28, прямой выход 29 которого присоединен к адресному входу 30 аналогового коммутатора 31. К первому аналоговому входу 32 аналогового коммутатора 31 присоединен выход 11 первого линейного фотоприемника 5, ко второму аналоговому входу 33 аналогового коммутатора 31 присоединен выход 14 второго линейного фотоприемника 6. Выход 34 формирователя сигнала "Сброс" 35 присоединен ко входу сброса 36 счетного триггера 28 и ко входу 37 устройства запуска объекта измерения 38, выход 39 которого присоединен ко входу питания 40 объекта измерения. Выход 41 аналогового коммутатора 31 является выходом датчика угловой скорости для динамических измерений. Работает датчик угловой скорости для динамических измерений следующим образом. При вращении вала 1 (фиг.1, 2) вращается модулятор 2. Фоточувствительный слой первого линейного фотоприемника 5 и второго линейного фотоприемника 6 имеет форму круга (фиг.2 показаны пунктирной линией). Диафрагма 7 (фиг.2), установленная перед фоточувствительным слоем первого линейного фотоприемника 5 и второго линейного фотоприемника 6 имеет прорезь, форма которой ограничена лучами А и В перед первым линейным

фотоприемником 5 и лучами С и D перед вторым линейным фотоприемником 6, которые начинаются в точке 0 - центре модулятора, угол между лучами А и В и лучами С и D равен  $\beta$ . Выходное напряжение первого линейного фотоприемника 5 и второго линейного фотоприемника 6 прямо пропорционально световому потоку, падающему на его фоточувствительный слой, который прямо пропорционален площади отверстия, через которое свет попадает на его фоточувствительный слой. На фиг.2 эти отверстия заштрихованы. Модулятор 2 имеет прорезь специальной формы 3, форма которой ограничена кривыми, уравнения которых в полярных координатах, центр которых совпадает с центром модулятора 2, относительно оси  $\rho$ :

$$\rho_1(\varphi) = R_0 \quad (1)$$

$$\rho_2(\varphi) = \sqrt{R_0^2 + a\varphi} \quad (2)$$

где  $\varphi$  - угловая координата относительно оси  $\rho$ ;  $R_0$  - константа, которая является радиусом окружности, которой является функция  $\rho_1(\varphi)$ ,  $a$  - константа, которая определяет максимальную ширину прорези;  $\pi$  - число пи.

Рассмотрим, как зависит площадь отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой второго линейного фотоприемника 6 от угла поворота оси  $\rho$  относительно луча С, ограничивающего вместе с лучом D форму отверстия диафрагмы 7 перед этим фотоприемником. На фиг.2 этот угол обозначен  $\psi$  отверстие, через которое свет попадает на фоточувствительный слой второго линейного фотоприемника 6 за штриховано. Угол  $\psi$  представляет собой угол поворота модулятора 2 относительно края неподвижной диафрагмы 7.

Зависимость площади, через которое свет попадает на фоточувствительный слой второго линейного фотоприемника 6 от угла определяется выражением:

$$S = \frac{1}{2} \int_{\psi}^{\psi+\beta} (\rho_2^2(\varphi) - \rho_1^2(\varphi)) d\varphi = \\ = \frac{a}{2} \int_{\psi}^{\psi+\beta} \varphi d\varphi = a \frac{\beta}{2} \psi + a \frac{\beta^2}{4} \quad (3)$$

где  $S$  - площадь отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой второго линейного фотоприемника 6.

Таким образом, при вышеуказанной форме кривых, ограничивающих прорезь 3 модулятора 2, площадь отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой второго линейного фотоприемника 6, линейно зависит от угла поворота модулятора 2 относительно края диафрагмы 7. Так как световой поток прямо пропорционален площади отверстия, а выходное напряжение второго линейного фотоприемника 6 прямо пропорционально световому потоку, то выходное напряжение второго линейного фотоприемника 6 линейно зависит от угла поворота модулятора 2.

Угол поворота и угловая скорость связаны между собой соотношением:

$$\omega(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} \quad (4)$$

где  $\psi$  - угол поворота;  $\omega$  - угловая скорость

вращения;  $t$  - время.

Так как выходное напряжение  $U_2$  второго линейного фотоприемника 6 прямо пропорционально углу поворота модулятора 2 относительно края диафрагмы 7 луча С, то

$$\omega(t) = k \frac{dU_2(t)}{dt} \quad (5)$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности,  $U_2$  - выходное напряжение второго линейного фотоприемника 6.

Таким образом, мгновенная угловая скорость в любой момент времени прямо пропорциональна первой производной выходного сигнала второго линейного фотоприемника 6, что позволяет производить динамическое измерение угловой скорости.

Вышеуказанные соотношения справедливы только при  $\varphi \in [2\pi - \beta]$ . При  $\psi \in [2\pi - \beta, 2\pi]$  формируется задний фронт выходного пилообразного напряжения второго линейного фотоприемника 6. Длительность этого фронта зависит от величины угла  $\beta$  - угловой ширины отверстия-диафрагмы 7. Чем больше угол  $\beta$  - тем больше длительность этого фронта. Зависимость выходного напряжения второго линейного фотоприемника 6 от угла также линейна, только изменяется значение крутизны этой зависимости. Кроме того, первая производная выходного сигнала меняет свой знак на противоположный, что значительно усложняет последующую обработку сигнала.

Поэтому применяется два линейных фотоприемника - первый линейный фотоприемник 5 и второй линейный фотоприемник 6 (фиг.2), которые сдвинуты между собой относительно центра модулятора 0 на угол равный  $180^\circ$ . При вращении модулятора на выходе первого линейного фотоприемника 5 (фиг.3) формируется пилообразное напряжение  $U_1$  (фиг.4,а), на выходе второго линейного фотоприемника 6 (фиг.3) формируется пилообразное напряжение  $U_2$  (фиг.4,б). Эти напряжения сдвинуты между собой по фазе на  $180^\circ$ . У каждого из этих напряжений присутствует задний фронт, который не представляет интереса с точки зрения получения измерительной информации. Для непрерывного получения измерительной информации производится последовательное подключение к выходу датчика выходного напряжения того линейного фотоприемника, выходной сигнал которого в соответствующий момент времени является информативным, то есть не формируется его задний фронт. Это осуществляется следующим образом.

В момент начала измерений на выходе 34 формирователя сигнала "Сброс" 35 (фиг.3) формируется короткий импульс, который поступает на вход 36 счетного триггера 28 и сбрасывает его. На выходе 29 счетного триггера 28 формируется уровень логического нуля, который поступает на адресный вход 30 аналогового коммутатора 31 и к выходу аналогового коммутатора 31 подключается выход 11 первого линейного фотоприемника 5. Выходной импульс формирователя сигнала "Сброс" 35 поступает также на вход 37 устройства запуска объекта измерения 38, после чего на выходе 39 устройства запуска объекта измерения появляется напряжение питания, которое поступает на вход питания 40 объекта измерения 10, что приводит к



