

**2nd ISTC
UEES'96**

TECHNICAL UNIVERSITY of SZCZECIN, POLAND
Institute of Electrical Engineering
NATIONAL ACADEMY of SCIENCES, UKRAINE
Institute of Electrodynamics

PROCEEDINGS
of the
2nd INTERNATIONAL SCIENTIFIC and TECHNICAL
CONFERENCE
on
**UNCONVENTIONAL ELECTROMECHANICAL
AND ELECTROTECHNICAL SYSTEMS**

15 – 17 December 1996
Szczecin and Międzyzdroje, Poland

*50 years of development of electrical engineering
in Western Pomerania in the years 1946 – 1996*



VOLUME 2

TECHNICAL UNIVERSITY PRESS
SZCZECIN 1996

Active diagnosis of self-tuning PID control systems based on analysis of internal phenomena within the controllers - main problems to be solved Активная диагностика самонастраивающихся систем регулирования PID основанная на анализе внутренних явлений в регуляторе-основные проблемы для рассмотрения <i>M. Jarmusz, G. Barzyk</i>	467
Stepping motors' parameters automated testing Автоматизированный контроль параметров шаговых двигателей <i>E. Kazancev, I. Sobolevskij, V. Pavlukov</i>	473
Traction semiconductor converters with transpirations and air cooling Тяговые полупроводниковые преобразователи с испарительно-воздушным охлаждением <i>I. Kisielev, A. Bujanov</i>	479
Computer-measuring system for rotor balancing of electromechanical systems Компьютерно-измерительная система для балансировки роторов электромеханических систем <i>V. Kucheruk, A. Podzharenko</i>	483
Sensor of angular velocity and angular acceleration Датчик угловой скорости и углового ускорения <i>I. P. Kulakov, A. V. Podzharenko</i>	489
Rectifier drive for a small-size compressor device Вентильный электропривод малогабаритного компрессорного устройства <i>S. Kunenko</i>	495
Optimization of control laws of converters to improve their electromagnetic compatibility Оптимизация законов управления преобразователями для улучшения их электромагнитной совместимости <i>A. P. Lastovka, E. I. Sokol</i>	501
Impulse-digital convertes of information with quantitative-impulse conversion laws Импульсно-цифровые преобразователи информации с количественно- импульсным законом преобразования <i>A. P. Lastovka, A. V. Kipensky, Al Muhaicев, E. I. Sokol</i>	507
On optimisation of non-linear systems with high loop gain by means of harmonic linearization Об оптимизации нелинейных систем с обратной связью и с довольно большим усилением <i>A. Lozowicki</i>	513
One of the identification method at the object diagnosis Метод идентифицирования технического состояния объекта в диагностических испытаниях <i>J. Marciniak</i>	521
Analysis of induction motor by a spiral vector theory „Спиральный” теоретический вектор для анализа асинхронных машин <i>M. Mena, O. Touhami, M. Benhaddadi, R. Ibtouen</i>	527
Methodology of analysing technical condition of ship's main propulsion systems engines Методы анализа технического состояния поршней судовых двигателей <i>M. Musial</i>	533
Speed control of an induction motor using the fuzzy logic approach Контроль скорости асинхронных двигателей с использованием метода мягкой логики (fuzzy logic) <i>A. Oussedik, K. Djeflal, R. Ouiguni, R. Megartsi</i>	539
A heart assist system with a fuzzy logic based controller Автоматический контроль сердца методом мягкой логики (fuzzy logic - системой) <i>N. Parspour, R. Hanitsch</i>	545
Continuous parametric diagnostics of electric machines Непрерывная параметрическая диагностика электрических машин <i>V. Pavlina, Y. Chuchman, I. Sobolevskiy</i>	553
A generalized model of an asynchronous motor working in a controlled-velocity electric drive Обобщенная модель асинхронного двигателя в системе регулируемого электропривода <i>V. Petlenko</i>	557
The research of the AC electric drives with thyristor voltage's converter Исследование электроприводов переменного тока с тиристорным регулятором напряжения <i>O. Plakhtyna, A. Lozynskiy, A. Katsyk</i>	563

Кулаков П.И., Поджаренко В.А.
Кафедра метрологии и промышленной автоматики
Винницкой государственной технической университет
Хмельницкое шоссе 95
286021 Винница
Украина
тел. : (380) (0432) 43 50 59, (380) (0432) 44 01 72
факс : (380) (0432) 46 57 72

ДАТЧИК УГЛОВОЙ СКОРОСТИ И УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА : угловая скорость, угловое ускорение, датчик угловой скорости и углового ускорения, электромеханический преобразователь энергии, линейный фотоэлектрический преобразователь, модулятор, диафрагма, световой поток.

АННОТАЦИЯ

Приводится описание датчика угловой скорости и углового ускорения, у которого выходные сигналы двух его линейных фотоэлектрических преобразователей, представляющие собой импульсы треугольной формы, скорость изменения фронтов которых прямо пропорциональна угловой скорости вращения, сдвинуты между собой во времени так, что максимум или минимум выходного сигнала одного из преобразователей соответствует моменту времени, когда выходной сигнал другого находится на середине своего фронта. В максимуме или минимуме сигнала погрешность первичного преобразования максимальна. Путем подключения к выходу датчика выходного сигнала того преобразователя, выходной сигнал которого не находится около своего максимума или минимума, повышается точность первичного преобразования угловой скорости и скорость изменения выходного сигнала датчика.

1. ВВЕДЕНИЕ

Измерение угловой скорости и углового ускорения вращения вала электромеханических преобразователей энергии является важным этапом их производственного контроля. Особо важное значение имеет измерение зависимости угловой скорости вращения от времени при различных режимах их работы. В настоящее время разработаны математические модели многих видов электромеханических преобразователей энергии и алгоритмы, с помощью

которых, используя измеренную зависимость угловой скорости от времени в различных режимах работы электромеханических преобразователей энергии, возможно проведение идентификации их внутренних параметров в процессе промышленных испытаний, что значительно уменьшает время затрачиваемое на них. Для этих целей применяются специализированные информационно-измерительные системы, неотъемлемой составляющей которых есть канал измерения угловой скорости.

На сегодняшний день известно множество различных датчиков угловой скорости и углового ускорения. По ряду причин наиболее перспективными являются датчики, у которых информативным параметром является скорость изменения выходного сигнала. Путем дифференцирования выходного сигнала определяется угловая скорость, а путем двойного дифференцирования - угловое ускорение вращения вала электромеханического преобразователя энергии. Так как выходной сигнал датчика является непрерывным, то возникает возможность получения измерительной информации в любой момент времени и измерения зависимости измеряемой величины от времени.

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ДАТЧИКА

Предлагаемый датчик угловой скорости и углового ускорения работает следующим образом. Датчик содержит вал 1 (рис. 1), который посредством муфты сопрягается с валом испытуемого электромеханического преобразователя энергии. Вал датчика соединен с модулятором 2, который имеет вид диска с выполненными в нем прорезями по радиусам равной угловой ширины, причем угловая ширина прорезей равна угловой ширине промежутков между прорезями. Напротив модулятора со стороны вала на плате 5 установлены электронные элементы датчика, в том числе и два линейных фотоэлектрических преобразователя, в состав которых входят два фотодиода 6.

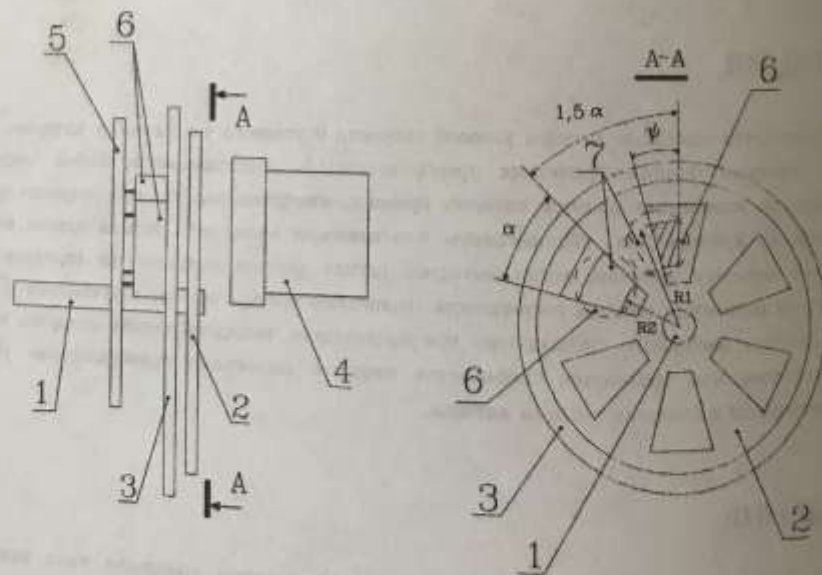


Рис. 1. Схематический чертеж датчика угловой скорости и углового ускорения

Фотодиоды линейных фотоэлектрических преобразователей расположены перед модулятором со стороны вала за диафрагмой 3, которая имеет вид пластины с двумя отверстиями 7, форма которых определяется проекциями радиусов модулятора и concentрических окружностей радиусами R_1 и R_2 , центр которых совпадает с центром модулятора, на поверхность диафрагмы, причем угловая ширина отверстий равна угловой ширине прорезей модулятора. Эти отверстия сдвинуты между собой относительно оси вала на угол равный полтора угла α угловой ширины прорезей модулятора. Фоточувствительный слой фотодиодов освещается источником света 4 с конденсорной линзой, обеспечивающем равномерный световой поток по всей освещаемой через отверстия диафрагмы поверхности.

При вращении модулятора происходит изменение светового потока, попадающего на фоточувствительный слой фотодиодов через прорези модулятора и отверстия диафрагмы. При вышеуказанной форме отверстий диафрагмы, площадь заштрихованного на рис. 1 отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой фотодиодов, линейно зависит от угла между краем прорези модулятора и краем отверстия диафрагмы и определяется выражением :

$$S = \frac{\psi}{2} (R_1^2 - R_2^2) \quad (1)$$

где S - площадь отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой фотодиодов; ψ - угол между краем прорези модулятора и краем отверстия диафрагмы (в радианах); R_1 - радиус большей окружности, проекция которой определяет форму отверстий диафрагмы; R_2 - радиус меньшей окружности, проекция которой определяет форму отверстий диафрагмы;

Выходное напряжение линейного фотоэлектрического преобразователя прямо пропорционально световому потоку [1], который прямо пропорционален площади отверстия, через которое свет попадает на фоточувствительный слой фотодиодов и определяется выражением :

$$U_f = k \frac{\psi}{2} (R_1^2 - R_2^2) \quad (2)$$

где U_f - выходное напряжение линейного фотоэлектрического преобразователя; k - коэффициент пропорциональности;

Проведя несложные преобразования, из (2) получаем выражение для угловой скорости вращения :

$$\omega = \frac{d\psi}{dt} = \frac{2}{k(R_1^2 - R_2^2)} \frac{dU_f}{dt} \quad (3)$$

Таким образом, угловая скорость прямо пропорциональна скорости изменения выходного сигнала линейного фотоэлектрического преобразователя.

При использовании одного фотоэлектрического преобразователя возникают погрешности, обусловленные следующим. При малой площади отверстия через которое свет попадает на фоточувствительный слой фотодиодов, то есть когда выходной сигнал фотоэлектрического преобразователя находится около своего минимума, на выходное напряжение фотоэлектрического преобразователя значительно влияет "паразитная" площадь, обусловленная неточностью выполнения элементов модулятора и диафрагмы.

Кроме того, в максимумах и минимумах выходных импульсов напряжения происходит сглаживание вершин импульсов вследствие ограниченного быстродействия фотодиодов и их высокой инерционности при выходе из затемнения. Возникающая вследствие вышеперечисленных причин при цифровом дифференцировании сигнала относительная погрешность, без учета погрешности самого дифференцирования, определяется выражением :

$$\varepsilon = 1 - \frac{\Delta U_i}{\Delta U_r} \quad (4)$$

где ε - относительная погрешность, обусловленная вышеперечисленными факторами; ΔU_i - изменение напряжения "идеального" выходного сигнала фотоэлектрического преобразователя в околominiмальной или околмаксимальной области за фиксированный интервал времени; ΔU_r - изменение напряжения реального выходного сигнала фотоэлектрического преобразователя в околominiмальной или околмаксимальной области за тот же интервал времени;

В описываемом датчике, для устранения влияния вышеуказанных факторов применяется второй фотоэлектрический преобразователь, сдвинутый относительно первого относительно центра модулятора на угол в полтора раза больший угла α прорезей модулятора. Когда выходной сигнал одного из фотоэлектрических преобразователей находится около своего максимума или минимума, выходной сигнал другого находится на середине своего максимального уровня и наоборот. В датчике осуществляется подключение к его выходу выходного сигнала того фотоэлектрического преобразователя, который не находится возле своего максимума или минимума. Функциональная схема датчика приведена на рис. 2.

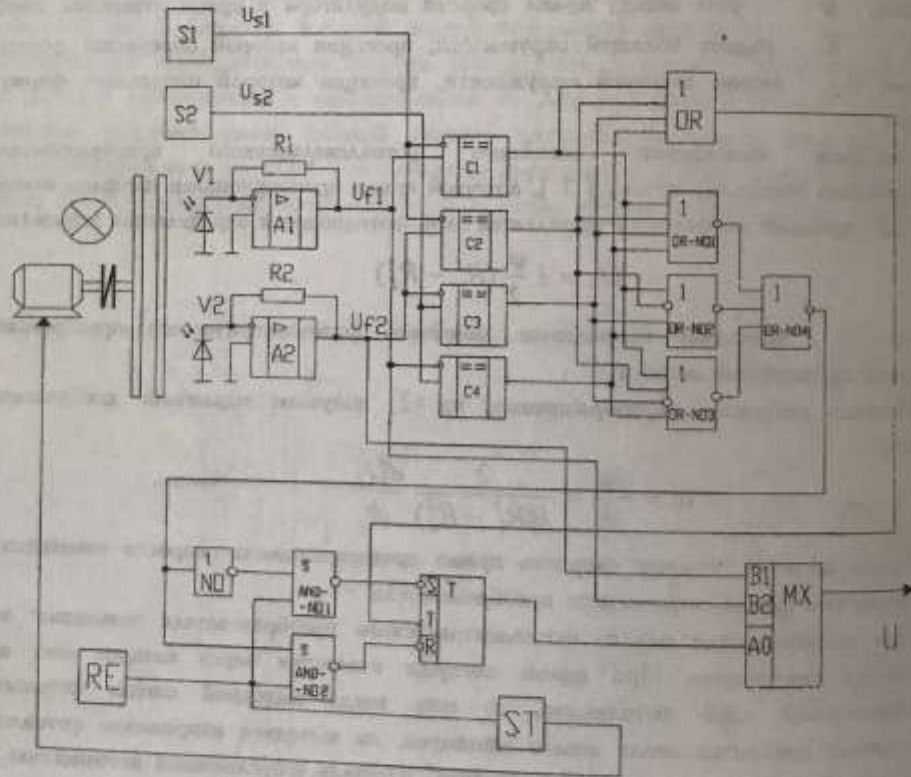


Рис. 2. Функциональная схема датчика угловой скорости и углового ускорения

Временные диаграммы, в точках указанных на рис. 2, поясняющие ее работу, приведены на рис. 3.

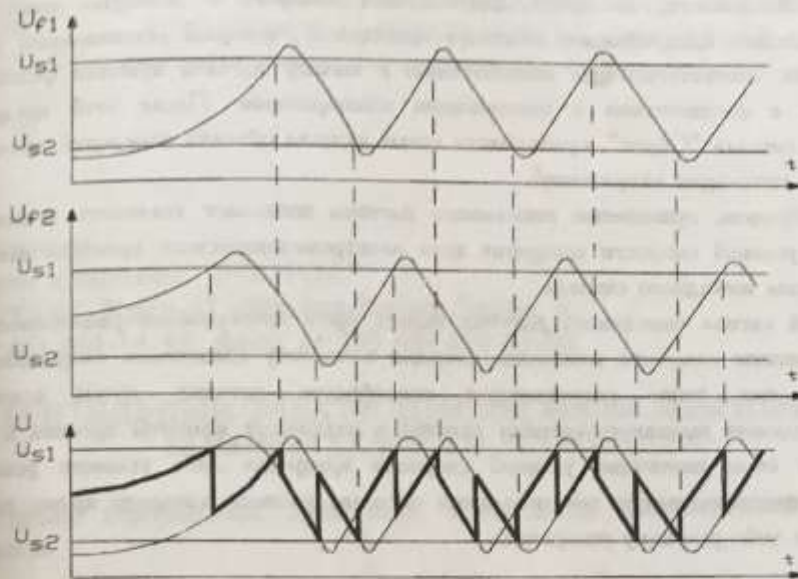


Рис. 3. Временные диаграммы работы датчика угловой скорости и углового ускорения

При вращении модулятора, на выходах линейных фотоэлектрических преобразователей появляются импульсы по форме близкие к треугольной, сдвинутые во времени (рис. 3). С помощью компараторов напряжения С1 - С4 (рис. 2) они сравниваются с выходными напряжениями источников опорного напряжения S1 и S2, U_{s1} и U_{s2} соответственно, которые определяют их околоминимумную и околомаксимумную области. При совпадении, которое свидетельствует о том, что выходной сигнал одного из фотоэлектрических преобразователей достиг своей околоминимумной или околомаксимумной области, на выходе одного из компараторов напряжения появляется импульс, который поступает на вход элемента OR, с выхода которого он поступает на тактовый вход счетного триггера Т, сигнал с выхода которого поступает на управляющий вход аналогового мультиплексора МХ, который подключает к выходу датчика выходной сигнал другого фотоэлектрического преобразователя. Процесс продолжается циклически с появлением каждого нового импульса на выходе элемента OR. На выходе аналогового мультиплексора МХ, который является выходом датчика, формируется сигнал сложной формы, который показан на рис. 3 жирной линией. Первая его производная прямо пропорциональна угловой скорости, вторая - угловому ускорению.

Перед началом измерений модулятор располагается относительно диафрагмы случайно, причем возможны два состояния: ни один из выходных сигналов фотоэлектрических преобразователей не находится в своей околоминимумной или околомаксимумной области; один из выходных сигналов фотоэлектрических преобразователей находится в своей околоминимумной или околомаксимумной области. Этим состояниям соответствует строго определенное состояние компараторов. Возникает необходимость начального подключения к выходу датчика выходного сигнала того фотоэлектрического преобразователя, выходной сигнал которого не находится около своего максимума или минимума. Для этой цели служат элементы OR-NO1 - OR-NO4, NO, AND-NO1, AND-NO2, формирователь сигнала "Сброс" RE, схема запуска объекта измерений ST.

Перед началом измерений формирователем сигнала "Сброс" формируется короткий импульс положительной полярности, за время длительности которого с помощью вышеперечисленных элементов происходит предустановка счетного триггера Т, который устанавливает мультициклоскоп МХ в состояние, соответствующее подключению к выходу датчика нужного фотовольтического преобразователя в соответствии с состояниями компараторов. После этой предустановки, по заднему фронту сигнала "Сброс", срабатывает схема запуска объекта измерений, которая управляет коммутацией его питающих напряжений.

Таким образом, применение описанного датчика позволяет увеличить точность первичного преобразования угловой скорости вращения вала электромеханического преобразователя энергии в скорость изменения выходного сигнала.

Выходной сигнал описанного датчика может быть преобразован различными способами: путем преобразования скорости изменения сигнала в частоту следования импульсов, причем чем выше частота, тем выше разрешающая способность датчика; путем аналого-цифрового преобразования уровня выходного сигнала датчика в различные моменты времени и последующим вычислением по этим значениям угловой скорости вращения либо углового ускорения; путем аналогового дифференцирования для получения сигнала, уровень которого прямо пропорционален угловой скорости либо угловому ускорению.

3. БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность коллективу учебно-научного центра "Паллада" за активное участие в разработке датчика.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Микроволновые фотоприемные устройства / М.Д. Аксененко, М.Л. Баранчикова, О.В. Смолин. - М. : Энергоатомиздат, 1984. - 208 с., ил.

ANNOTATION

Description of a sensor of angular speed and angular acceleration, at which output signals of two its linear photo-electric converters, representing impulses of the triangular form, speed of change of fronts which is direct proportional to angular speed of rotation, are shifted among themselves in a time so, that the maximum or minimum of an output signal of one of converters corresponds to a moment of a time, when output signal of other convertor is on a middle of its front. In a maximum or minimum of a signal an error of primary transformation at most. By connection to an output of a sensor of an output signal that convertor is not about maximum or minimum, accuracy of primary transformation of angular speed in speed of change of an output signal of a sensor is increased.