

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Пермский государственный технический университет»  
Кафедра электрификации и автоматизации горных предприятий

Утверждено на  
заседании кафедры  
« 12 » ноября 2007 г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ**

Методические указания к лабораторной работе по курсу  
«Элементы систем автоматики»

Подготовлено по программе  
«Гранты ТНК-ВР для профильных вузов РФ»

Издательство  
Пермского государственного технического университета  
2007

Составили: Е.В. Аристов, Р.А. Хузин  
УДК 680.51

Рецензент: к.т.н., директор научно-образовательного центра  
Энергосбережения ПГТУ Ромодин А.В.

Исследование датчика скорости: методические указания к лабораторной работе по курсу «Элементы систем автоматики» / Сост.: Е.В. Аристов, Р.А. Хузин.- Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Ун-та, 2007, - 14с.

Рассмотрены различные типы применяемых на данный момент датчиков скорости и принципы их работы. Также в методическом руководстве приводится техническое описание и принцип работы счетчика импульсов СИ8 фирмы ОВЕН. Предназначено для студентов всех специальностей горно-нефтяного факультета.

Подготовлено по программе «Гранты ТНК-ВР для профильных вузов РФ».

УДК 680.51

© ГОУ ВПО «Пермский  
государственный технический  
университет», 2007

## Основные положения и цели работы

Датчики скорости применяются в системах автоматизации в качестве элементов первичной информации как измерительные преобразователи для измерения угловой скорости вращения валов рабочих механизмов.

Целями выполнения данной работы являются:

1. Ознакомление с основными видами датчиков скорости;
2. Ознакомление с принципами работы оптических датчиков скорости;
3. Ознакомление с принципами настройки счетчика импульсов СИ8;
4. Снятие статических характеристик датчика скорости;

## Тахогенераторы

Тахогенераторами (ТГ) называют электрические микромашины, предназначенные для преобразования угловой скорости контролируемого вала в электрический сигнал. Таким образом, тахогенераторы являются датчиками генераторного типа. Поскольку в электрических машинах электродвижущая сила (ЭДС) пропорциональна угловой скорости вращения ротора, то в качестве ТГ могут быть использованы различные типы электрических генераторов: асинхронные, постоянного тока, синхронные и т.д.

*Асинхронный тахогенератор* (АТГ) имеет на статоре две обмотки, сдвинутые в пространстве на электрический угол  $90^\circ$  (рис. 1). Одна из них – обмотка возбуждения  $O_1$  – подключается к сети, с другой – генераторной обмотки  $O_2$  – снимается выходное напряжение ТГ. Ротор АТГ представляет собой полый немагнитный цилиндр с большим активным сопротивлением. Для уменьшения влияния неравномерности воздушного зазора и несимметрии ротора на выходную характеристику прецизионный АТГ обычно выполняют с количеством пар полюсов  $p \geq 2$ .

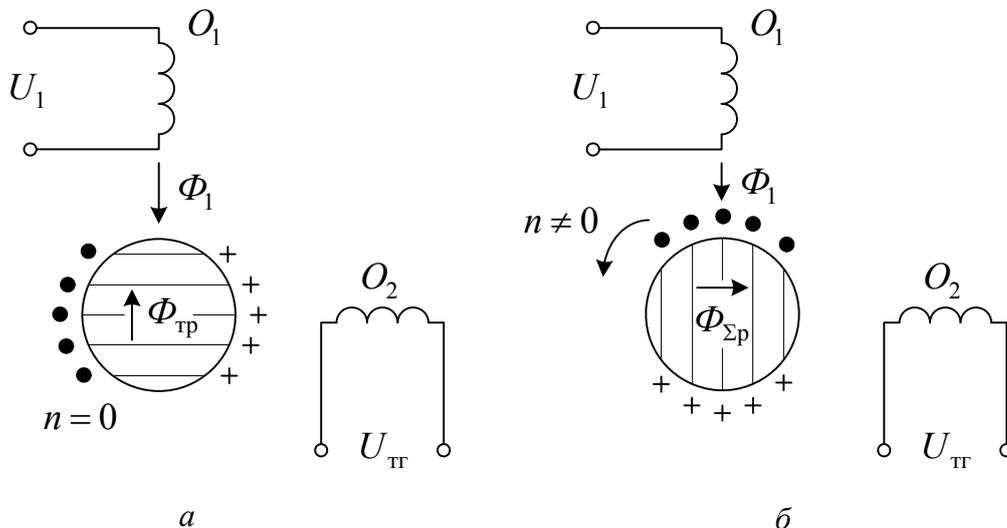


Рис. 1. К принципу действия АТГ

При неподвижном роторе (рис. 1,а) пульсирующий по постоянной оси поток  $\Phi_1$  наводит в роторе ЭДС трансформации. Контуры токов ротора, расположенные в плоскостях, перпендикулярных оси  $\Phi_1$ , создают поток  $\Phi_{тр}$ . Теоретически при неподвижном роторе  $U_{тр}=0$ , т.к. поток по оси обмотки  $O_2$  равен нулю. Однако за счет, например, возможной неперпендикулярности обмоток  $O_1$  и  $O_2$ , наличия короткозамкнутых контуров, потоков рассеяния, емкостных связей обмоток появляется поперечная составляющая магнитного потока, приводящая к остаточному напряжению на обмотке.

При вращении ротора (рис. 1,б) в его элементарных проводниках наводится помимо трансформаторной ЭДС и ЭДС вращения. Под действием ЭДС вращения по ротору текут токи, контуры которых практически совпадают с осью потока  $\Phi_1$ . Такая ориентация контуров с током объясняется большим активным сопротивлением материала ротора. Токи, наведенные в роторе, создают поток, ось которого совпадает с осью генераторной обмотки и наводит в ней ЭДС частоты, равной частоте сети.

Основные достоинства АТГ заключаются в их бесконтактности, высокой надежности, малой инерционности. Недостатки АТГ, ограничивающие область их применения, связаны с нелинейностью выходной характеристики, наличия остаточного напряжения, низкими массогабаритными показателями.

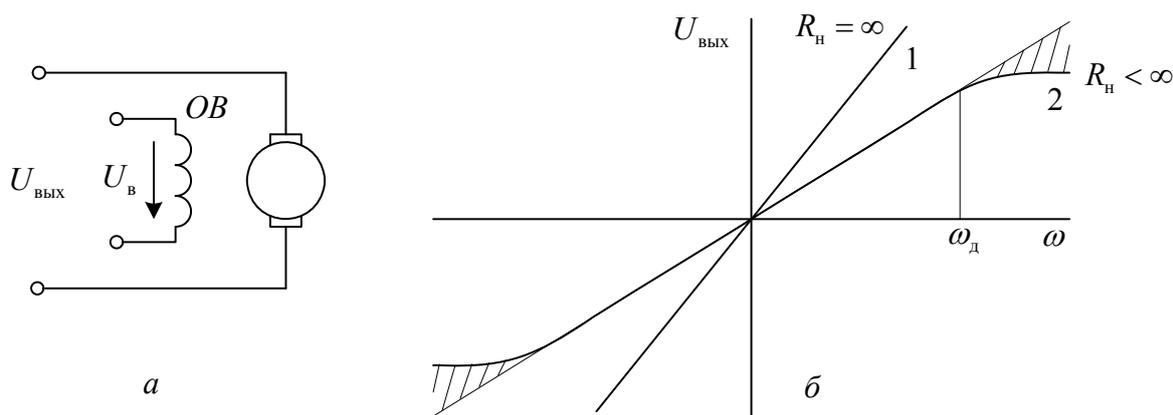


Рис. 2. К принципу действия ТГПТ

Тахогенераторы постоянного тока (ТГПТ) по принципу действия и конструкции не отличаются от обычных генераторов постоянного тока малой мощности (рис. 2.а). Стабилизация тока в обмотке возбуждения достигается посредством ее питания от источника стабилизированного напряжения и применения температурной компенсации изменения сопротивления обмотки.

Особенность работы тахогенератора состоит в том, что якорь обычно включен на постоянное сопротивление  $R_н$ .

Ток в цепи якоря

$$I = \frac{E}{R_в + R_н} = \frac{c n \Phi_в}{R_в + R_н}, \quad (1)$$

где  $R_в$  – внутреннее сопротивление тахогенератора;

$c$  – конструктивная постоянная генератора;

$n$  – скорость вращения якоря;

$\Phi_B$  – поток возбуждения.

Выходное напряжение тахогенератора

$$U_{\text{вых}} = \frac{c\Phi_B R_H}{R_B + R_H} n. \quad (2)$$

Величины, характеризующие параметры, входящие в числитель и знаменатель дроби выражения (2), постоянны. Поэтому можно записать:

$$U_{\text{вых}} = k\omega, \quad (3)$$

где  $\omega$  – угловая частота вращения якоря,  $\text{с}^{-1}$ ;

$k$  – коэффициент преобразования тахогенератора.

$$k = \frac{30c\Phi_B}{\pi} \frac{1}{1 + \frac{R_B}{R_H}}. \quad (4)$$

Уравнение (3), представляющее собой статическую характеристику тахогенератора, показывает, что напряжение на выходе тахогенератора пропорционально скорости вращения  $\omega$  (рис. 2.б). Условие пропорциональности выполняется, если  $\Phi_B$  - *const*. Однако магнитный поток возбуждения может изменяться под действием реакции якоря.

Если щетки расположены в нейтрали (рис. 3), то продольная составляющая реакции якоря (намагничивающая и размагничивающая) равна нулю. Поперечная же составляющая реакции якоря, искажая распределение индукции на поверхности якоря, изменяет величину магнитного потока лишь в том случае, если полюса и якорь находятся в стадии некоторого насыщения.

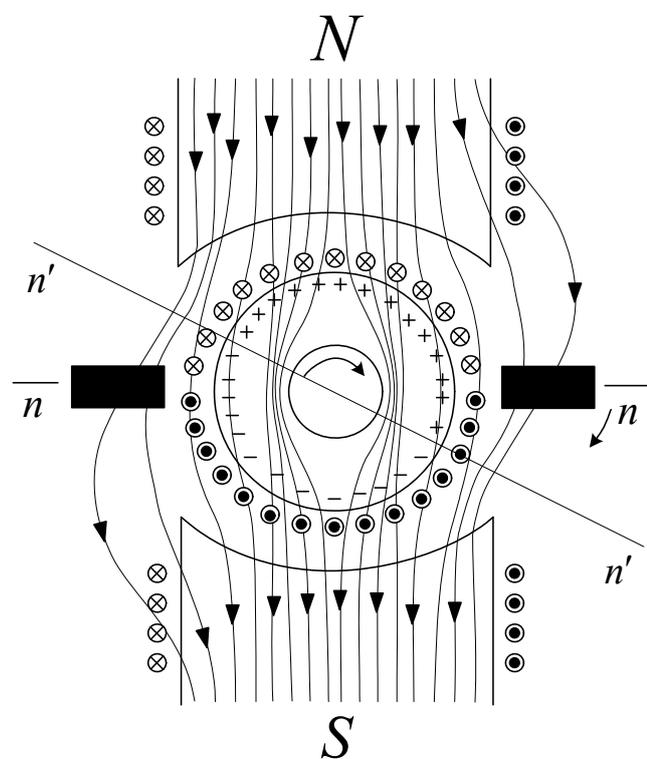


Рис. 3. К принципу действия ТГПТ

Напряжение на выходе тахогенератора будет линейной функцией от скорости вращения, если щетки Тахогенератора будут находиться в нейтрали; полюса и якорь не будут насыщены; ток нагрузки не превысит значений, при которых под сбегающим краем полюса возникло бы насыщение из-за действия поперечной составляющей реакции якоря.

На рис. 2.б приведена зависимость  $U_{\text{вых}} = f(\omega)$  при холостом ходе  $R_H = \infty$  и при некоторой нагрузке  $R_H < \infty$ . Отклонение характеристики 2 от линейного закона вызывается тем, что с увеличением скорости вращения возрастает ток якоря, поперечные ампервитки якоря под сбегающим краем

полюса все больше увеличивают индукцию, которая при  $\omega > \omega_d$  достигает стадии насыщения, т.е. в дальнейшем изменяется не пропорционально ампер-виткам. Под набегающим же краем полюса происходит уменьшение индукции пропорционально ампер-виткам. В результате магнитный поток уменьшается, и характеристика 2 отклоняется от линейного закона. Таким образом, каждому заданному значению  $R_n$  соответствует определенный диапазон скорости от нуля до  $\omega_d$ , в пределах которого напряжение является линейной функцией скорости вращения. Причем этот диапазон возрастает с увеличением сопротивления нагрузки, коэффициент преобразования тахогенератора (4) также при этом увеличивается.

Тахогенераторы постоянного тока имеют по сравнению с АТГ ряд преимуществ: выходной сигнал на постоянном токе позволяет создавать простую схему управления; при изменении направления вращения меняется полярность сигнала, что является дополнительной информацией для схемы управления; меньше габариты и масса, проще схема компенсации температурной погрешности.

ТГ постоянного тока бывают коллекторными и бесконтактными с полупроводниковым коммутатором. Основным недостатком коллекторных машин – нестабильность параметров, связанная с изменением переходного сопротивления скользящей контактной пары при внешних воздействиях. Бесконтактные ТГ имеют зону нечувствительности, повышенный уровень пульсаций и нелинейности выходного напряжения. Это связано с нелинейностью вольт-амперной характеристики элементов коммутатора при микротоках.

Кроме ТГ перечисленных типов применяются синхронные и индукторные ТГ.

### **Оптические датчики скорости**

Функциональная схема оптического датчика скорости приведена на рис. 4.

При подаче напряжения на излучатель начинается вырабатываться оптическое излучение, которое при отсутствии препятствий попадает на фототранзистор (фотодиод, фотосимистор и т.д.), и он открывается при периодическом прерывании луча оптического излучения. На выходе фототранзистора появляются электрические импульсы, которые поступают на счетчик импульсов. Счетчик импульсов во взаимодействии с вычислителем производит преобразование импульсов в выходной сигнал, пропорциональный скорости вращения производственного механизма.

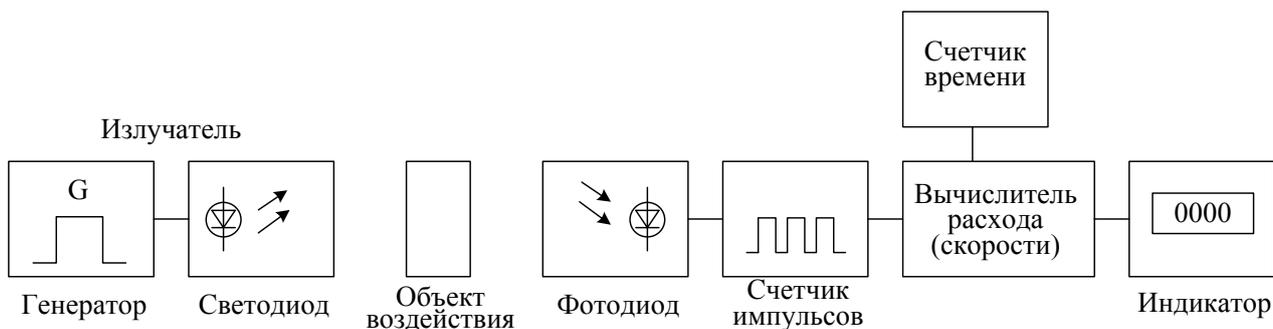


Рис. 4. Функциональная схема оптического датчика скорости

В соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 оптические датчики классифицируются на три группы:

**Тип T** – с приемом прямого луча от излучателя;

**Тип R** – с приемом луча, возвращенного от отражателя;

**Тип D** – с приемом луча, рассеянно отраженного от объекта.

**Тип T** (рис. 5,а) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в отдельных корпусах. Прямой оптический луч идет от излучателя к приемнику и может быть перекрыт объектом воздействия.

**Тип R** (рис. 5,б) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в одном корпусе. Приемник принимает луч излучателя, отраженный от специального отражателя. При этом возможны два варианта использования этих изделий:

- объект воздействия прерывает луч при неподвижно закрепленном отражателе;
- отражатель закрепляется на подвижном объекте.

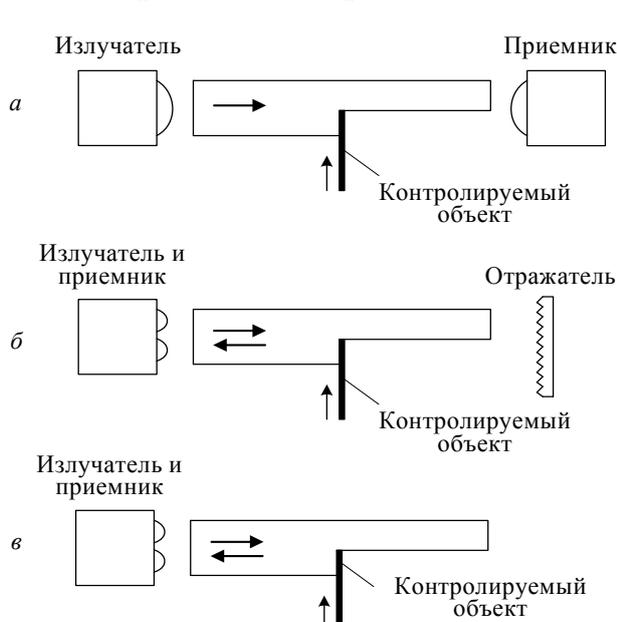


Рис. 5. Оптические датчики скорости:

а - тип T, б - тип R, в - тип D

**Тип D** (рис. 5,в) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в одном корпусе. Приемник принимает луч излучателя, рассеянно отраженный от объекта воздействия. Контролируемый объект может перемещаться как вдоль относительной оси, так и под углом к ней.

## Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки показана на рис. 4. О расположении приборов на стенде можно судить по рис. 5. В качестве объекта испытания используется импульсный оптический датчик скорости и счетчик импульсов СИ8 фирмы ОВЕН.

С помощью резистора  $R1$  осуществляется изменение скорости вращения исполнительного механизма (вентилятора). Питание на схему испытания подается через блок питания от сети переменного тока 220В, 50Гц. Наличие напряжения сигнализируется световой сигнализацией.

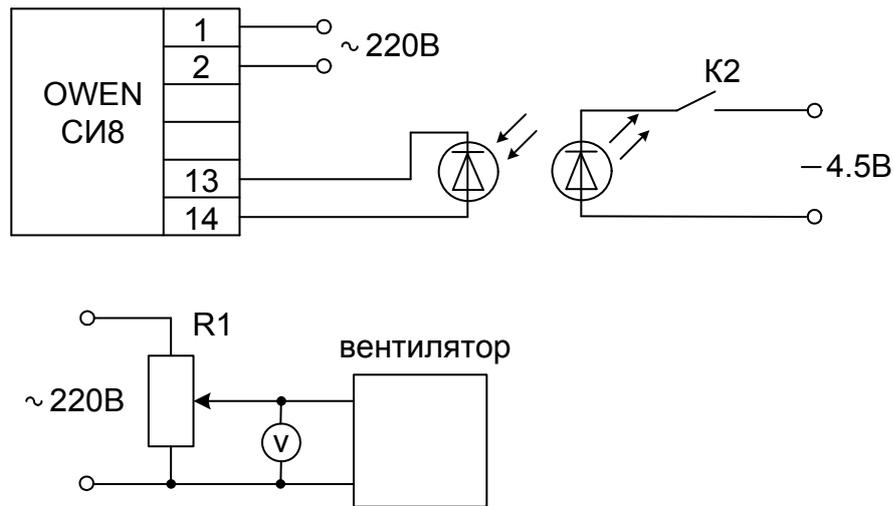


Рис. 4. Схема лабораторной установки

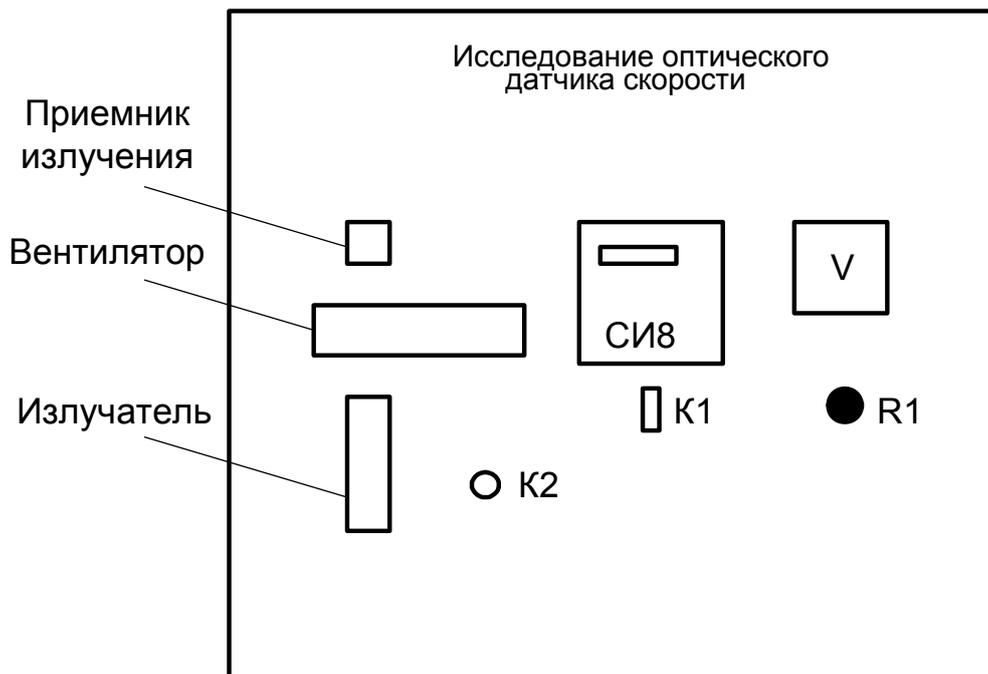


Рис. 5. Схема расположения приборов на стенде



## Программирование прибора

Режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ предназначен для записи в энергонезависимую память прибора, требуемых при эксплуатации рабочих параметров и их изменения.

В каждой группе параметров имеется параметр **out**, служащий для выхода из группы в меню верхнего уровня. Выбор нужного параметра внутри группы осуществляется кнопкой  $\uparrow$ , переход к параметру **out** осуществляется кнопкой  $\gg$ .

Вывод на индикаторы текущего значения выбранного параметра производится нажатием кнопки  $\text{ПРОГ}$ .

Меню верхнего уровня содержит список названий групп параметров: «GrouP\_A», «GrouP\_b», «GrouP\_C», «GrouP\_d», «GrouP\_E», а также название операций:

- сброса счетчика импульсов **c.rES**;
- обнуления счетчика времени **t.rES**.

Последовательность процедуры программирования приведена на рис. 7.

В табл. 1 приведены программируемые параметры прибора СИ8.

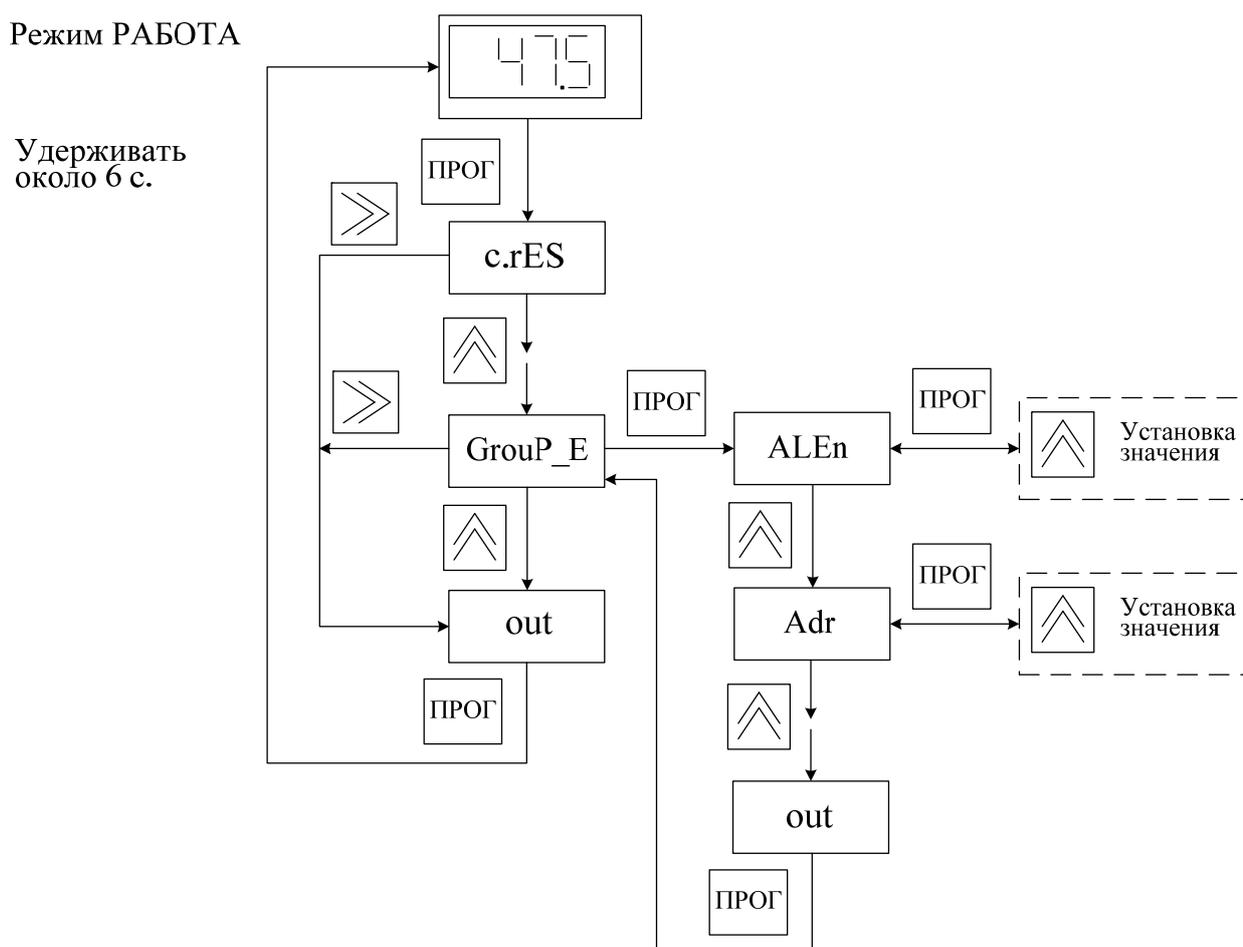


Рис.7. Процедура программирования прибора

Таблица 1

Параметр		Допустимые значения	Заводская уставка
Обозн.	Название		
<b>Общие параметры (имеются в каждой группе)</b>			
<b>out</b>	Выход из группы параметров в главное меню в режиме программирования	Кнопка ПРОГ. [команда]	-
<b>rESEt</b>	Сброс счетчика импульсов	Кнопка ПРОГ. [команда]	
<b>CLEAr</b>	Сброс счетчика времени	Кнопка ПРОГ. [команда]	
<b>GrouP A. Уставки ЛУ</b>			
<b>U1</b>	Первая уставка ЛУ1	-9999999...+9999999	0
<b>U2</b>	Вторая уставка ЛУ1	-9999999...+9999999	-
<b>U3</b>	Первая уставка ЛУ2	-9999999...+9999999	0
<b>U4</b>	Вторая уставка ЛУ2	-9999999...+9999999	-
<b>t1</b>	Время включенного состояния первого выходного устройства	1...99 с	-
<b>t2</b>	Время включенного состояния второго выходного устройства	1...99 с	-
<b>GrouP b. Параметры перезагрузки счетчика импульсов</b>			
<b>Strt</b>	Начальное значение счетчика импульсов	-9999999...+9999999	0
<b>FinL</b>	Нижняя граница счета, при котором происходит перезагрузка счетчика импульсов	-9999999...Strt-1	-10
<b>FinH</b>	Верхняя граница счета, при котором происходит перезагрузка счетчика импульсов	Strt+1...+9999999	10
<b>GrouP C. Дополнительные параметры</b>			
<b>P</b>	Делитель	1...9999	1
<b>F</b>	Множитель	0.0000001...9999999	1
<b>ti</b>	Время измерения расхода	1...99 с	0,75
<b>di</b>	Смещение показаний расходомера	0.0000001...9999999	0
<b>inp</b>	Назначение входов прибора	1...6	4
<b>tc</b>	Постоянная времени входного фильтра	0,1...999,9 мс	20,0
<b>ind</b>	Выводимый на индикатор параметр	1 – счетчик импульсов 2 – расходомер 3 – счетчик времени	1
<b>Ftt</b>	Формат времени, выводимого на индикатор	0 или 1	1
<b>init</b>	Перезагрузка счетчика импульсов значения параметра <b>Strt</b> при включении питания прибора	0 – нет 1 – есть	0

## **Техника безопасности при выполнении лабораторной работы**

*Работа выполняется в присутствии преподавателя (лаборанта).*

*К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомившиеся с данным методическим пособием. Выполнение лабораторной работы производится строго в соответствии с методическим указанием к работе.*

*Подача и снятие напряжения со стенда производится только преподавателем (лаборантом).*

*В случае обнаружения неисправностей оборудования выполнение работы прекратить и сообщить об этом преподавателю.*

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с данными методическими указаниями и лабораторным стендом.
2. Подготовить протокол для записи показателей опытов.
3. Установить автомат К0 в положение «ВКЛ». Подать питание на схемы выключателем К1.
4. Запрограммировать параметры счетчика импульсов в соответствии с указаниями преподавателя.
5. Включить излучатель (К2).
6. Снять характеристику  $n_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ .

### **Отчет по работе**

1. Цель работы.
2. Задание на работу.
3. Схема установки.
4. Протокол наблюдений.
5. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. К какому типу датчиков относятся датчики скорости?
2. Объясните принцип работы асинхронного тахогенератора.
3. Перечислите преимущества и недостатки АТГ.
4. В каком случае напряжение на выходе тахогенератора постоянного тока будет линейной функцией и почему?
5. Перечислите преимущества и недостатки ТГПТ.
6. Перечислите основные типы оптических датчиков скорости и поясните их работу.
7. Перечислите основные функции счетчика импульсов СИ8.

## Список литературы

1. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин/ под ред. Е.О. Полищука. – Киев: Высшая школа, 1984. –с. 284–288.
2. Расчет и конструирование деталей аппаратуры САУ /В.П. Савостьянов, Г.А. Филатова, В.В. Филатов. –М.: Машиностроение, 1982.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ

Методические указания к лабораторной работе

Составители: Аристов Евгений Валерьевич,  
Хузин Руслан Альвертович

Редактор и корректор *Е.В. Копылова*

---

---

Издательство  
Пермского государственного технического университета.  
Адрес: 614990, г.Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342)219-80-33