

Московский Энергетический Институт
(технический университет)
кафедра
Электротехники и Интроскопии

Курсовая работа
«Измеритель скорости ветра. Анемометр.»

Выполнил:
студент группы А-15-12
Малюга А.В.

Проверил:
Поляхов М.Ю.

Москва, 2015

Содержание

Постановка задачи.....	3
Введение.....	4
Проектирование приемного устройства анемометра.....	5-7
Конструкция датчика.....	8
Структурная схема построения устройства и описание алгоритма.....	9
Выбор элементов, их описание, электрическая схема, расчет элементов.....	10-16
Оценка погрешности схемы и измерительного прибора.....	17
Выводы.....	18
Список источников.....	19

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработать надежную электрическую схему измерения скорости ветра для измерительного устройства - анемометр. Предложить модели элементов для реализации схемы. Рассмотреть аэродинамику приемного устройства анемометра.

ВВЕДЕНИЕ

Анемометр — измерительный прибор, предназначенный для определения скорости ветра, а также для измерения скорости направленных воздушных и газовых потоков.

Скорость воздуха является весьма важным параметром состояния атмосферы и одной из главных характеристик воздушного потока, которую необходимо учитывать при проектировании, монтаже, наладке и контроле систем вентиляции и кондиционирования. В качестве основного средства измерения скорости движения воздуха применяются анемометры, различающиеся между собой как по принципу действия, так и по техническим характеристикам.

В настоящее время промышленность предлагает широкий выбор переносных и стационарных электронных анемометров всевозможных марок и модификаций как отечественных, так и зарубежных фирм-изготовителей. При чем все анемометры отечественного производства и многие анемометры зарубежного производства внесены в Государственный реестр средств измерений России.

При выборе анемометра для решения конкретных практических задач по измерению скорости воздуха необходимо учитывать множество факторов, таких как диапазон измерений анемометра, погрешность измерения скорости воздушного потока, диапазон рабочих температур, степень защиты анемометра от воздействия агрессивных факторов окружающей среды и уровень взрывозащиты, влагозащищенность и водонепроницаемость анемометра, габаритные размеры, как самого прибора, так и чувствительного элемента анемометра и т.д.

Анемометры находят широкое применение для измерения средней скорости воздуха в системах вентиляции и кондиционирования (воздуховодах, каналах, коробах) промышленных и гражданских зданий, тоннелях метрополитенов, выработках шахт и рудников, для укомплектования лабораторий по охране труда при аттестации рабочих мест, а также для измерения средней скорости ветра при метеорологических наблюдениях. Анемометры требуются для измерения скорости воздуха на суше и море и необходимы представителям многих профессий для обеспечения безопасных условий труда. Анемометры используют в своей профессиональной деятельности строители и шахтеры, военные и спасатели, инженеры и ученые, работники метеослужб и сельского хозяйства, монтажники и наладчики систем вентиляции и кондиционирования воздуха, спортсмены и просто любители активного отдыха.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА АНЕМОМЕТРА

Для создания приемного устройства анемометра необходимо знать основные принципы аэродинамики.

Рассмотрим, какие силы действуют на тело в потоке воздуха. Будем рассматривать тело как неподвижное, помещённое в набегающий поток воздуха.

Сумма всех сил, возникающих при обтекании тела, называется полной аэродинамической силой R_a (рис. 4). Часть полной аэродинамической силы, перпендикулярная к вектору скорости набегающего потока, является подъемной силой Y_a . Часть полной аэродинамической силы X_a , параллельная вектору скорости набегающего потока, является силой лобового сопротивления.

Согласно основному закону аэродинамики абсолютные значения аэродинамических сил можно рассчитать по следующим формулам:

- лобовое сопротивление

$$X_a = C_x \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S$$

- подъемная сила

$$Y_a = C_y \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S$$

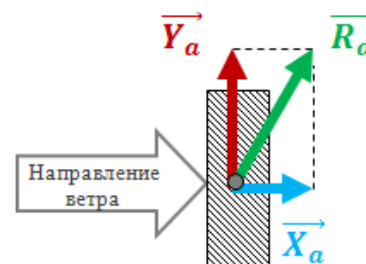


Рисунок 4

Здесь ρ – плотность воздуха, V – скорость потока, S – площадь поперечного сечения тела, C – так называемый коэффициент аэродинамической силы, который указывает, какая доля энергии потока преобразуется в энергию тела. Таким образом, результаты взаимодействия потока и предмета зависят от площади сечения, скорости потока и его плотности.

Если тело поставить поперек потока, то на него будет воздействовать в первую очередь лобовое сопротивление, поэтому рассмотрим его более подробно.

Лобовое сопротивление представляют как сумму трех составляющих: индуктивной, трения, формы.

Индуктивное сопротивление возникает вследствие разницы давлений на подветренной (разрежение) и наветренной (повышенное давление) сторонах пластины и появления перетекающих струй потока воздуха по краям пластины.

Трение - явление сопротивления относительно перемещению тел, возникающее в зоне соприкосновения их поверхностей. Трение между твердым телом и жидкостью или газом называется вязким трением. Сопротивление трения возникает вследствие прилипания частиц потока газа к помещенному в поток телу. Если поверхность гладкая — количество прилипающих частиц меньше. Силы трения направлены вдоль по потоку. Трение воздушного потока о поверхность тела складывается из двух различных процессов. Струя, непосредственно прилегающая к телу, как бы прилипает к нему и обволакивает ее неподвижным слоем воздуха, поверх которого скользят замедленные слои (ламинарное обтекание). Оно сохраняется только при достаточно малых скоростях потока. Толщина поверхностного слоя возрастает по мере движения потока вдоль обтекаемой поверхности и тем интенсивнее, чем менее гладка эта поверхность. При больших скоростях в поверхностном слое образуются значительные перепады скорости отдельных слоев потока, что ведет к образованию завихрений, перемешивающих слои друг с другом (турбулентности). Помимо этого сила лобового сопротивления, оказываемая воздухом на тело, зависит от формы тела.

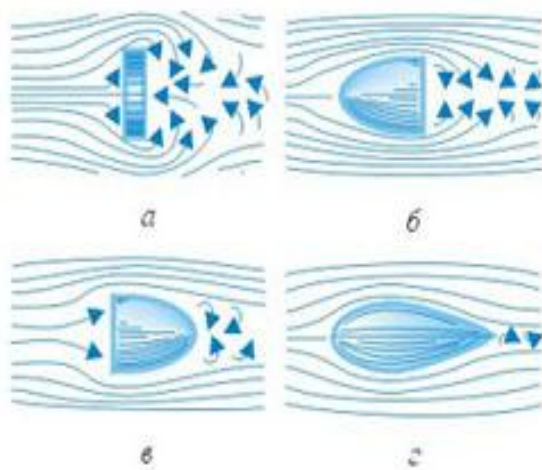


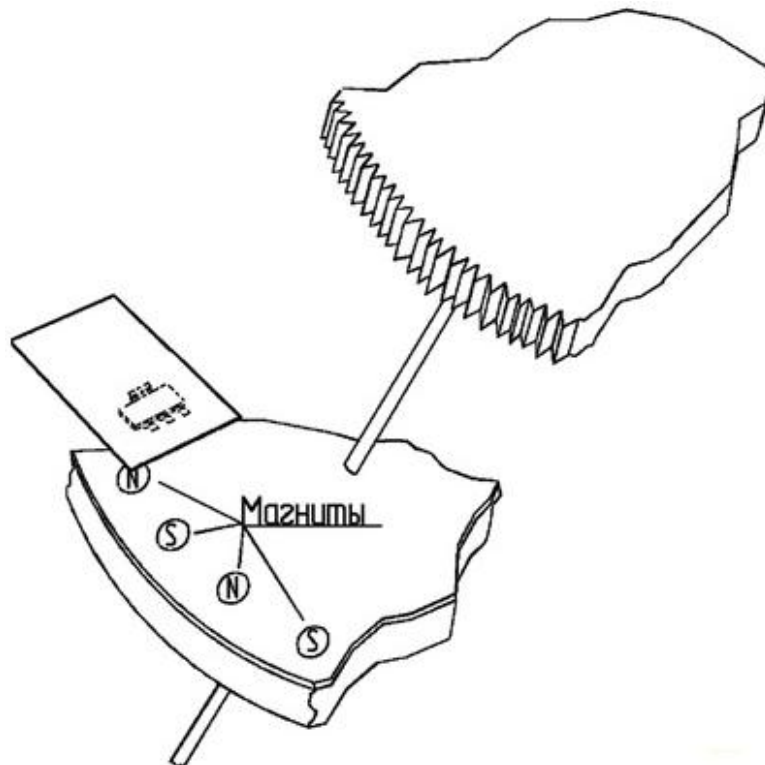
Рис. 5

На рис. 5 максимальное поперечное сечение тел, направление и сила потока воздуха одинаковы. Из данных форм тел коэффициент лобового сопротивления C_x наибольший у плоского диска (табл. 3). Следовательно, из всех тел плоская пластинка вызывает наибольшее лобовое сопротивление.

Форма тела	Направление набегающего потока жидкости (газа)	Коэффициент лобового сопротивления C
Диск	Перпендикулярно плоскости диска	1,1
Полусфера	С закругленной стороны	0,30..0,40
Шар		0,4
Каплевидное	С закругленного конца	0,045
Каплевидное	С заостренного конца	0,1

Табл.3 Коэффициенты лобового сопротивления

КОНСТРУКЦИЯ ДАТЧИКА



Вращательное перемещение воспринимает вал датчика через закрепленную на нем шестерню. На валу расположен диск, на котором установлены 2 постоянных магнита. Применение неодимовых магнитов (самых сильных постоянных магнитов) позволяет уместить на диске достаточное количество малогабаритных магнитов. Свойство неодимовых магнитов при малых габаритах создавать магнитное поле достаточной напряженности делает их оптимальными для применения в этой конструкции. Чем больше магнитов установлено на диске, тем выше дискретность и, следовательно, увеличивается возможность регистрации медленных перемещений, т.е. чувствительность датчика становится выше.

Введем конструкционные требования:

Х, м/с	У, обороты/с
5	5
10	10
15	15

где при Х-скорости ветра в м/с происходит У- оборотов вала в обороты/с.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ УСТРОЙСТВА И ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемой системы.

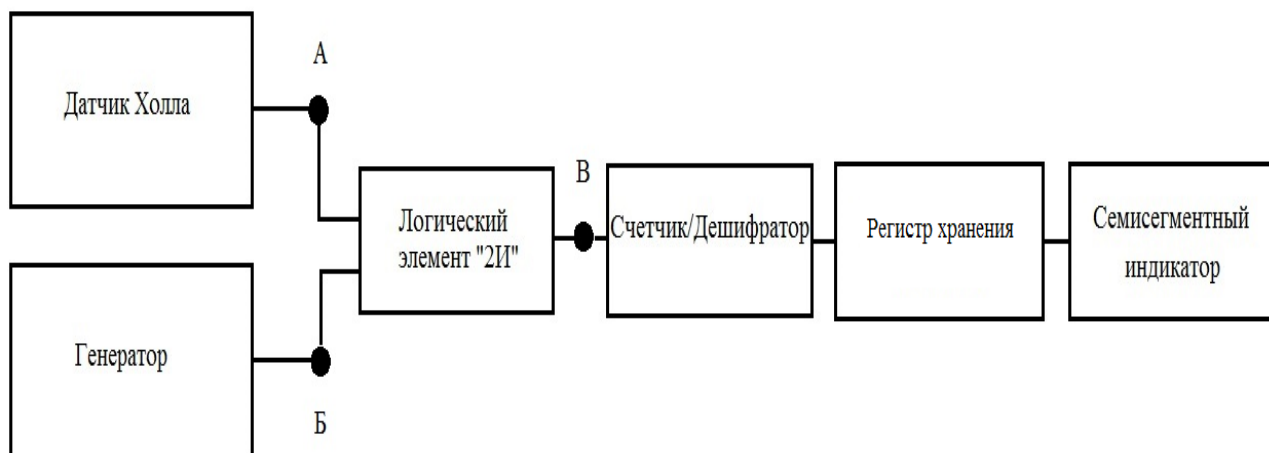


Рис.1 Структурная схема.

При вращении крыльчатки анемометра датчик Холла реагирует на изменение магнитного поля и генерирует импульсы. Далее происходит подсчет импульсов счетчиком/дешифратором за время с генератора, работающего на часовом кварце, а так же преобразование и вывод результата измерения на семисегментный индикатор.

На рисунке 2 представлены примеры сигналов устройств.

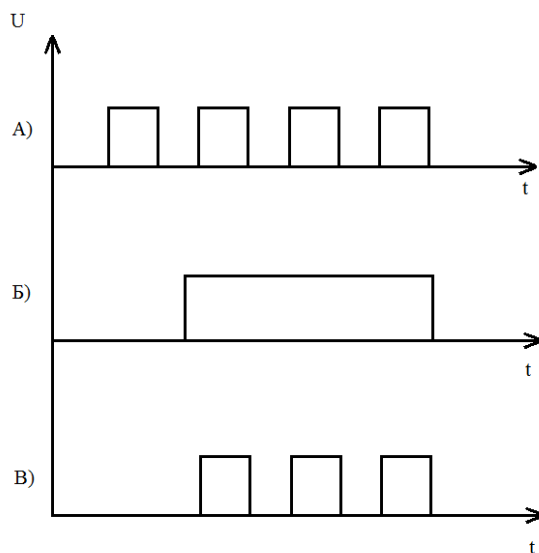


Рис.2 Сигналы устройств.

ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ, ИХ ОПИСАНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА, РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ

Список используемых элементов табл.1

№	Позиция	Наименование	Количество
1	<i>HG1</i>	GNS-10012AS-11	2
2	<i>PC0,PC1</i>	K176IE4	2
3	<i>G1</i>	K176IE12	1
4	<i>B1</i>	SS443A	1
5	<i>DD1</i>	MM74HCT08MTC	1
6	<i>DS0,DS1</i>	KP1533IP22	2
7	<i>DD2</i>	KP544УДА	1

- Резисторы углеродистые, выбираем исходя из минимальной стоимости, высокой надежности и стабильности параметров;
- Конденсаторы электролитические, выбираем исходя из минимальной стоимости, высокой надежности, высокой удельной емкости и высоким допустимым током пульсации;

Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 3

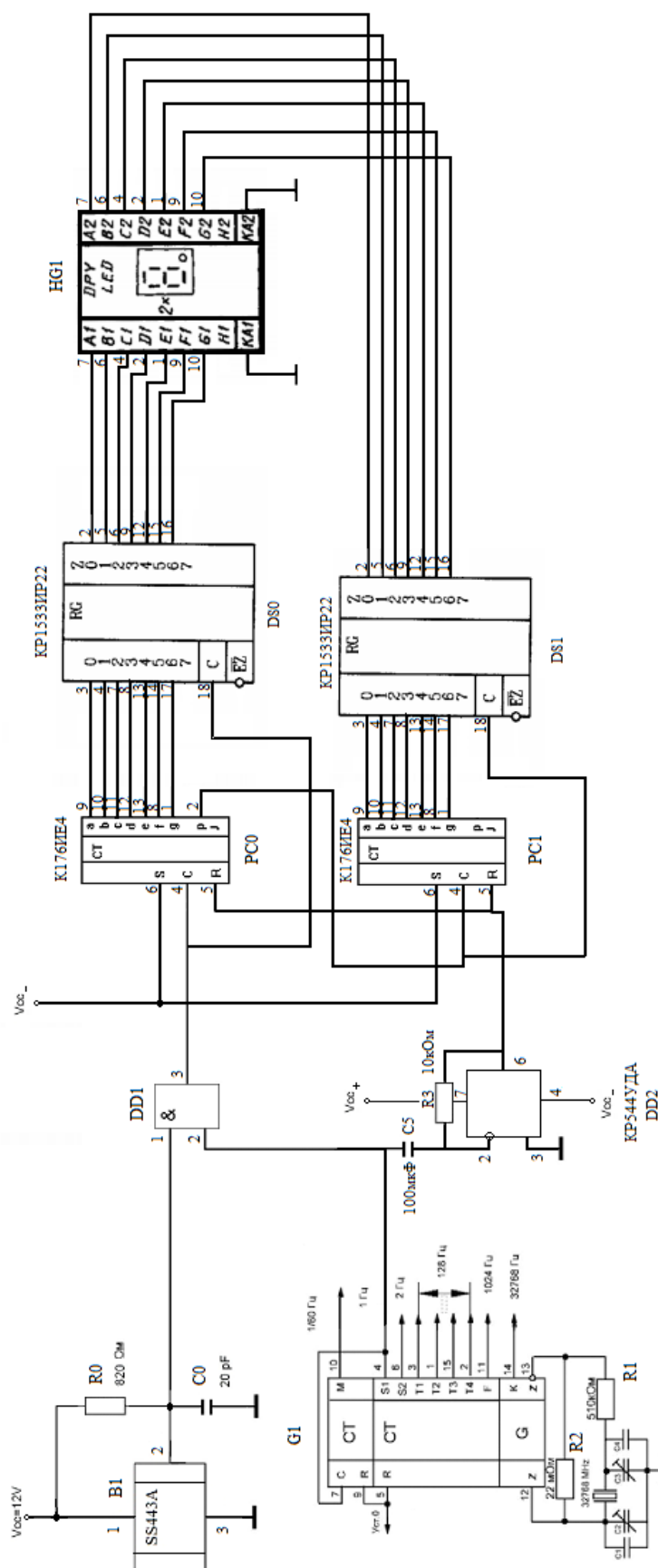
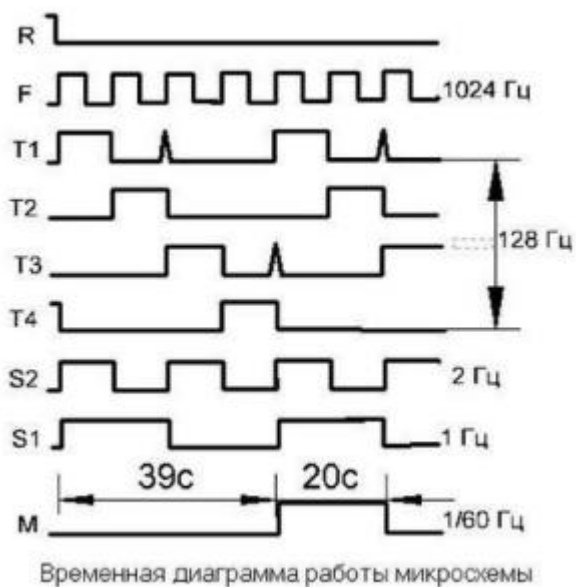


Рис.3 Принципиальная схема

Описание генератора, позиция *G1*.

K176IE12- полупроводниковая интегральная микросхема. Используется в качестве генератора импульсов в предложенной схеме (см.Рис.3). В состав микросхемы входят генератор «G» с внешним кварцевым резонатором на частоту 32768 Гц и два делителя частоты: «СТ2» на 32768 и «СТ60» на 60. При подключении к микросхеме кварцевого резонатора она обеспечивает получение частот 32768, 1024, 128, 2, 1, 1/60 Гц. Импульсы с частотой 128 Гц формируются на выходах микросхемы «Т1 - Т4», их скважность равна 4, сдвинуты они между собой на четверть периода. Эти импульсы предназначены для коммутации знакомест индикатора часов при динамической индикации. Импульсы с частотой 1/60 Гц подаются на счетчик минут, импульсы с частотой 1 Гц могут использоваться для подачи на счетчик секунд и для обеспечения мигания разделительной точки, для установки показаний часов могут использоваться импульсы с частотой 2 Гц. Частота 1024 Гц предназначена для звукового сигнала будильника и для опроса разрядов счетчиков при динамической индикации, выход частоты 32768 Гц - контрольный



Сопротивление резистора *R1* может находиться в пределах 4,7...68 МОм, однако при его значении менее 10 МОм могут возбуждаться не все кварцевые резонаторы. Конденсатор *C2* служит для точной подстройки частоты, *C3* - для грубой. В большинстве случаев конденсатор *C4* может быть исключен. Конденсаторы *C1* и *C2* служат для точной установки частоты кварцевого генератора. Емкость первого из них может находиться в пределах от единиц до

ста пикофард, емкость второго - 30...100 пф. При увеличении ёмкости конденсаторов частота генерации уменьшается. Точную установку частоты удобнее производить при помощи подстроечных конденсаторов, подключенных параллельно $C1$ и $C2$. При этом конденсатором, подключенным параллельно $C2$, осуществляют грубую настройку, а подключенным параллельно $C1$ - точную.

Описание блока "2И",позиция $DD1$

Логика элемента "2И" представлена на таблице 2.Где $A1, B1$ входы, а $Y1$ выход-результат логической функции.

$A1$	$B1$	$Y1$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Табл. 2 Логика "2И"

Описание датчика Холла,позиция $B1$.

$SS443A$ -датчик Холла униполярный, цифровой.

Раб. напряж. (макс): 30 В

Раб. напряж. (мин): 3.8 В

Тип датчика: Униполярный

Энергопотребление: 10 мА

Температурный диапазон: -40 ... 150 °C

Максимальный выходной ток: 20 мА

Элементы $R0, C0$ выполняют роль защиты от помех, номиналы $R0 = 820 \text{ Ом}$, $C=20 \text{ пФ}$ определены производителем для должной работы датчика.

Описание блока счета, позиция *PC0,PC1*.

K176ИЕ4 – счётчик импульсов с выводом состояния счётчика на семисегментный индикатор. Считает импульсы, поступившие на вход *C* (4 вывод). По спаду этих импульсов происходит переключение счётчика. С вывода «*J*» (3 вывод микросхемы) снимается частота в 4 раза меньшая тактовой, а с выхода «*P*» (2 вывод микросхемы) частота в 10 раз меньше тактовой на ней происходит спад логической единицы при переходе состояния счётчика из «9» в «0». Она используется для подключения следующего счётчика высшего разряда. Вход *R* служит для обнуления счётчиков, оно происходит при появлении на нём логической единицы. Следует отметить, что если этот вход висит в воздухе, ни к чему не присоединённый, то микросхема чаще всего воспринимает там единицу, и счёт не производит. Во избежание этого необходимо подтягивать его к земле, соединяя с общим минусом через резистор 100 – 300 Ом, или напрямую, если не планируется использовать функцию обнуления. Вход *S* предназначен для переключения режимов работы микросхемы с разными индикаторами. Если этот вывод соединить с + питания, то микросхема переходит в режим работы с индикатором с общим анодом, если с - питания – то в режим индикатора с общим катодом. Выходы 1, 8 – 13 используются для подсоединения индикатора.

Описание блока хранения, позиция *DS0,DS1*.

KP1533ИР22- восьмиразрядный регистр на триггерах с защелкой с тремя состояниями на выходе и предназначены для управления большой емкостной или низкоомной нагрузками.

Используется в качестве регистра хранения.

Напряжение питания : 5.0В \pm 10%

Диапазон рабочих температур: -10...+70°C

Описание дифференциальной цепи, позиция *DD2*.

KP544УДА-операционный усилитель общего применения с полевыми транзисторами на входе.

ОСОБЕННОСТИ

- Существенно низкий входной ток 5 пА (тип)
- Низкий входной 0,003 пА/Гц/г шумовой ток
- Высокое входное сопротивление 10\12 Ом
- Коэффициент усиления 600 В/мВ (тип)
- Частота единичного усиления 2 МГц (тип)
- Скорость нарастания выходного напряжения 8 В/мкс (тип)

- Универсальный комплекс статических и динамических параметров
- Полная внутренняя частотная коррекция
- Устойчивость при большой емкостной нагрузке (до 10 000 пФ)
- Простота эксплуатации

Используется в качестве дифференциатора. На рисунке 4 представлен пример работы дифференциатора.

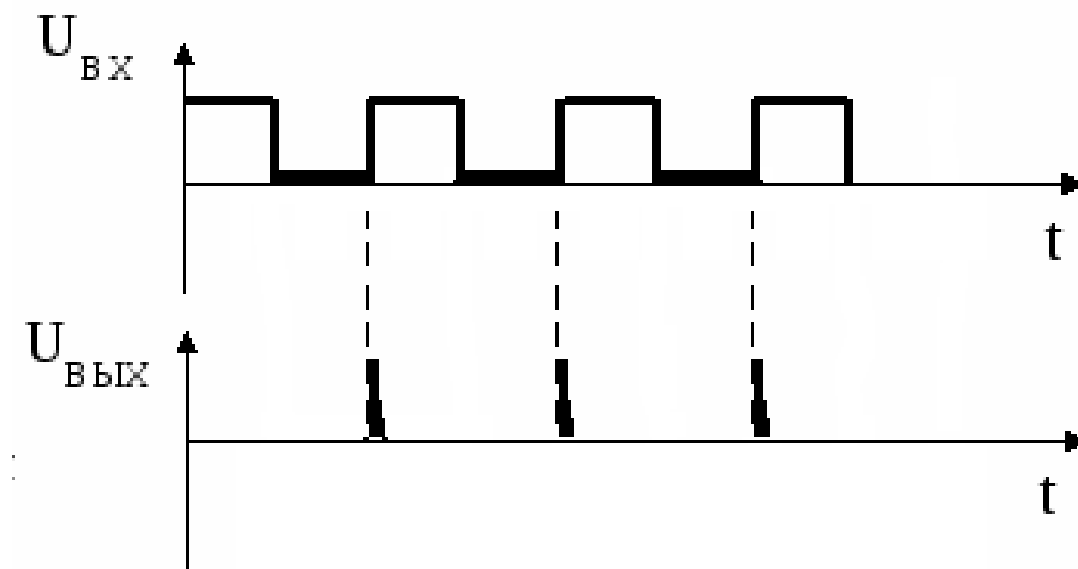


Рис.4 Пример работы дифференциатора

Результат дифференцирования используется в качестве импульса сброса показаний счетчика перед каждым новым подсчетом.

Номиналы элементов $C5$ и $R3$ выбираем из приближенного равенства постоянной времени и периода входного сигнала. $C5=100$ мкФ, $R3=10$ кОм.

Описание вывода, индикатор, позиция *HG1*.

GNS-10012AS-11-семисегментный индикатор, с общим катодом. Для вывода результата используются два одноразрядных семисегментных индикатора.

Рабочее напряжение на одном диоде: 1,8 В

Рабочий ток: 20 мА

Сила света одного диода: 26 мКд

Длина волны: 660 нм

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ СХЕМЫ

Погрешность измерения: Из конструкции датчика минимальная измеряемая величина равна 1 м/с. Тогда погрешность измерения равна младшей единице разряда, то есть $\pm 1 \text{ м/с}$

Погрешность счета: генератор, позиция GI . С вывода SI поступают импульсы с периодом 1с, образуя тем самым рабочее временное окно системы. Период измерения точно равен 1 секунде. Все служебные процессы, такие как, остановка счета, запись информации и обнуление измерительных счетчиков оказываются за пределами этого периода, и их длительность не влияет на результат измерения.

Метод Корнфельда: где X_{\max} -максимальный рез-т измерения, а X_{\min} -минимальный.

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$$

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Абсолютная погрешность измерительного прибора ($\Delta_{\text{пр.}}$) – это разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины:

$$\Delta_{\text{пр.}} = X_{\text{пр.}} - X_{\text{д.}}$$

Относительная погрешность измерительного прибора ($\delta_{\text{пр.}}$) – это отношение абсолютной погрешности прибора к действительному (или измеренному, $X_{\text{пр.}}$) значению величины, выраженное в %:

$$\delta_{\text{пр.}} = \frac{\Delta_{\text{пр.}}}{X_{\text{д.}}} \cdot 100\%$$

ВЫВОДЫ

Скорость воздуха является весьма важным параметром состояния атмосферы и одной из главных характеристик воздушного потока, которую необходимо учитывать при проектировании, монтаже, наладке и контроле жизненно важных систем вентиляции и кондиционирования в тоннелях метрополитенов, выработках шахт, для укомплектования лабораторий и др. Анемометры требуются для измерения скорости воздуха на суше и море и необходимы представителям многих профессий для обеспечения безопасных условий труда. В данной работе передо мной стояла задача разработать прибор для измерения скорости ветра (анемометр).

Таким образом, в процессе исследовательских действий, изобретений и операций мы выяснили, на использовании каких физических явлений и законов основывается работа данного прибора, каковы его назначения, условия использования, требования к нему и т. д., выявили наиболее целесообразное, конструктивное решение, провели оценку характеристик прибора. Из полученных результатов следует, что сконструированный прибор может быть использован в лабораторных и демонстрационных опытах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зорин А.Ю. , Попко В.П. Основы конструирования электронных устройств
2. Радиодетали «Чип и Дип» [Электронный ресурс]:
<http://www.chipdip.ru> (24.05.2015)
3. Цифровая схемотехника: Учеб. Пособие для вузов. Угрюмов Е.П. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург 2007. – 800 с.: ил.
4. Полупроводниковая схемотехника. Титце У., Шенк К. 12-е изд. Том I: Пер. с нем– М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил.