

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКА»

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ	5
2 СОДЕРЖАНИЕ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ЗАДАНИЯ.....	6
3 МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	8
3.1 Задание на разработку многоканальной измерительной системы.....	8
3.1.1 Описание обобщённой структурной схемы	8
3.2 Методические указания по разработке функциональной схемы	17
3.3 Методические указания к разработке принципиальной схемы	19
3.3.1 Общие положения	19
3.3.2 Датчики напряжения.....	20
3.3.3 Датчики тока.....	21
3.3.4 Диодный выпрямитель	23
3.3.5 Прецизионный выпрямитель	24
3.3.6 Дифференциальный усилитель.....	25
3.3.7 Нормирующий усилитель	25
3.3.8 Фильтр низких частот.....	27
3.3.9 Выбор микросхемы коммутатора.....	28
3.3.10 Выбор АЦП и элементов «обвязки» АЦП.....	30
3.4 Методические указания по выполнению проверочного расчёта выход- вход между каскадами	30
3.5 Методические указания по выполнению динамического расчёта.....	32
3.6 Методические указания по расчёту погрешности	33
4 СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРЕЧИМ ЭЛЕМЕНТОВ	34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	35

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью выполнения контрольной работы является освоение студентом методики разработки электрических принципиальных схем и методики расчета схем.

Вариант задания выбирается по последней цифре порядкового номера студента в списке группы.

2 СОДЕРЖАНИЕ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ЗАДАНИЯ

В процессе выполнения работы студент должен выполнить следующее:

– разработать функциональную схему системы, если задание содержит разработку измерительной системы, за основу используется обобщённая структурная схема системы, приведённая на рисунке 1, а также исходные данные, соответствующие варианту задания, приведённые в таблицах 1...5;

– выбрать конкретные типы датчиков измеряемых величин (если они в задании есть и не заданы конкретные типы), например, выбор шунта, выбор датчика температуры;

– выбрать микросхемы для принципиальной схемы: операционные усилители, микросхему коммутатора, микросхему АЦП, логические микросхемы, выбрать варианты реализации основных функциональных узлов;

– разработать электрическую принципиальную схему;

– выполнить расчеты, включая расчёт элементов схемы (резисторы, конденсаторы, диоды), выбор питающих напряжений, если задание содержит разработку измерительной системы, то необходимо сделать выбор диапазонов значений аналогового сигнала в каждой точке между звеньями, проверку согласования выход-вход по допустимому диапазону напряжений, по выходному и входному сопротивлению;

– выполнить динамический расчёт (если требуется), например, определить время задержки, вносимой фильтром низких частот;

– выполнить расчёт погрешностей, например, вычислить аддитивную и мультипликативную погрешности, вносимые усилителем и/или АЦП;

– выполнить необходимые чертежи.

Оформленный отчет о выполнении задания должен содержать:

– титульный лист;

– задание;

– введение;

- выбор датчиков (при необходимости);
- разработка и описание работы функциональной схемы;
- выбор микросхем (с выбором диапазонов сигналов и питающих напряжений);
- разработка и описание работы электрической принципиальной схемы;
- расчёт элементов схемы;
- проверка согласований выход-вход (при необходимости);
- динамический расчёт (например, АЧХ фильтра);
- расчет погрешностей (при необходимости);
- заключение;
- список литературы;
- Приложение А (обязательное) - Перечень элементов принципиальной схемы;
- Приложение Б Таблица с диапазонами сигналов или уровнями импульсов во всех точках между звеньями;

Чертежи выполняются на бумаге формата А3 допускается А2. В перечень чертежей входит:

- функциональная схема системы;
- электрическая принципиальная схема системы;
- поясняющие материалы (при необходимости), например, АЧХ фильтра или переходная характеристика фильтра.

3 МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

3.1 Задание на разработку многоканальной измерительной системы

3.1.1 Описание обобщённой структурной схемы

Многоканальная измерительная система предназначена для измерения нескольких физических величин в различных точках контролируемого объекта. Предполагается, что на основе анализа измеряемых значений, осуществляется управление контролируемым объектом.

На рис.1 представлена обобщённая структурная схема системы. Для преобразования измеряемых физических величин в электрические сигналы используются соответствующие датчики. С выходов датчиков каждый сигнал поступает на соответствующий измерительный канал, в котором происходит преобразование аналогового сигнала в удобную форму. Например, усиление, фильтрация помех и т.д. На выходах измерительных каналов действуют унифицированные сигналы, например, аналоговое напряжение в диапазоне от -5 В до +5 В.

Унифицированные сигналы поступают на входы аналогового коммутатора, с выхода которого сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В нем происходит преобразование аналогового сигнала в цифровой двоичный код. С выхода АЦП двоичный код передаётся в микроконтроллер.

Предполагается, что в микроконтроллере реализован алгоритм, который осуществляет обработку измерительной информации, В результате формируется управление контролируемым объектом.

В задачу задания входит только разработка той части схемы, которая обеспечивает измерение заданных физических величин. В таблице 1 приведены варианты заданий, указано, какие величины необходимо измерять

и количества измерительных каналов. Например, для 1-го варианта необходимо разработать систему, имеющую 3 канала измерения постоянного напряжения и 1 канал измерения постоянного тока.

Параметры для каналов измерения напряжения приведены в таблице 2. Например, для 1 варианта измеряемое напряжение может находиться в пределах от 0 до + 5 В, пульсаций нет, то есть нет необходимости в ФНЧ, выходное сопротивление источника 1000 Ом, то есть нужен повторитель в канале измерения напряжения.

Параметры для каналов измерения тока приведены в таблице 3. Например, для варианта 1 диапазон измеряемых токов от 0 до 100 мА. Допустимое падение напряжения на входе датчика тока 75 мВ. Так как ток небольшой, для преобразования тока в напряжение целесообразно использовать резистор.

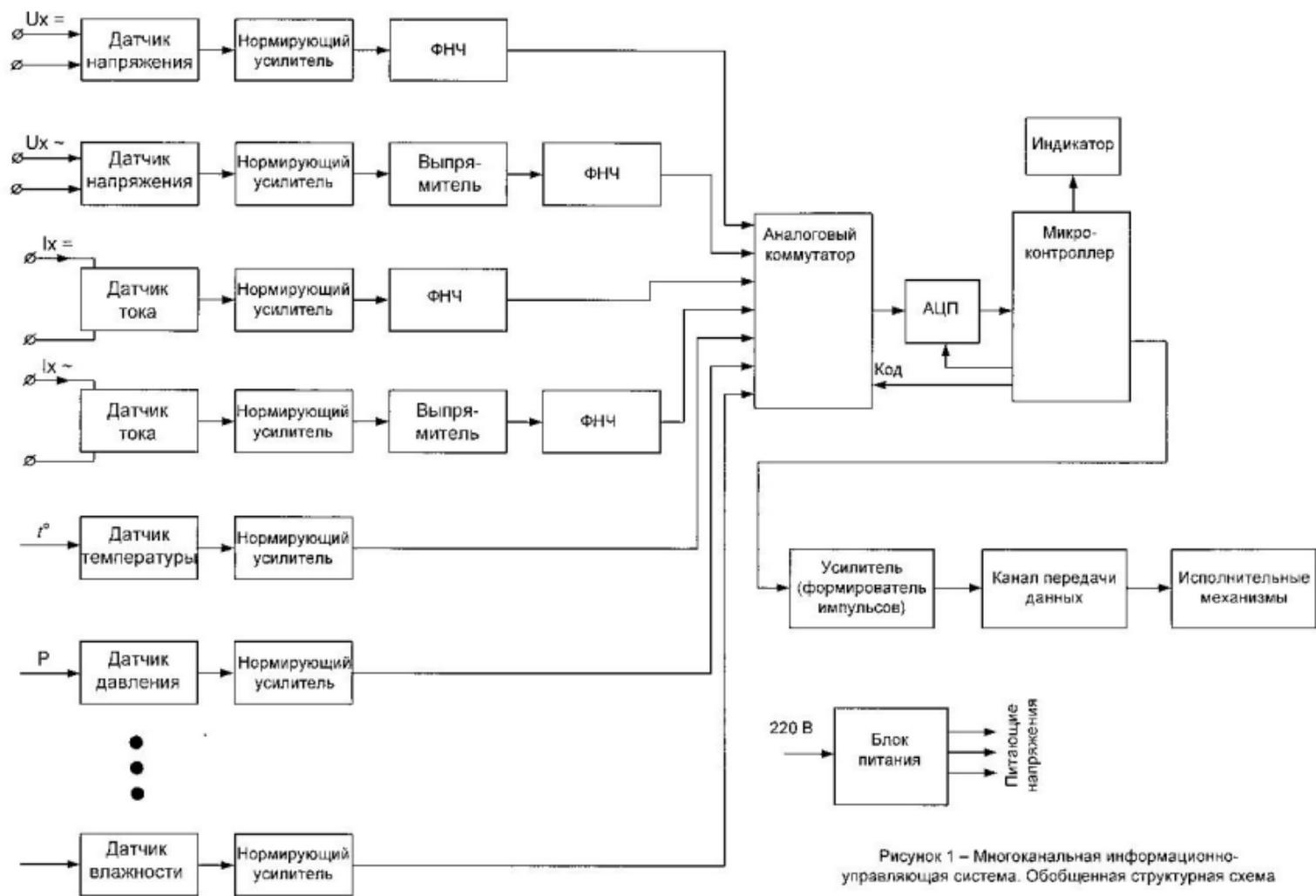


Рисунок 1 – Многоканальная информационно-управляющая система. Обобщенная структурная схема

Рисунок 1 - Обобщённая структурная схема системы

Таблица 1 -- Варианты заданий для многоканальной измерительной системы

№ ВАР	Измеряемые физические величины	Количество каналов	Вариант параметров измеряемой величины	Унифицированный сигнал на входе АЦП	Заданная погрешность	Время одного измерения
1	2		4	5	6	7
0	Переменный ток	1	1 (табл.4)	0...+5В	<0,5 %	<1 с
	Постоянное напряжение	2	2(табл.2)			
1	Постоянное напряжение	3	1 (табл.2)	0...+5В	<1 %	< 1 с
	Постоянный ток	1	1 (табл.3)			
2	Постоянное напряжение	1	3 (табл.2)	0...+5В	<0,5 %	< 1 с
	Постоянный ток	1	2(табл.3)			
3	Постоянное напряжение	3	1 (табл.2)	0...+5В	<5%	< 10с
	Температура	1	1(табл.6)			
4	Постоянный ток	3	3 (табл.3)	0...+5В	<0,5 %	<1 с
	Постоянное напряжение	1	1(табл.2)			
5	Переменное напряжение	1	1 (табл.5)	0...+5В	<0,5 %	<1с
	Постоянный ток	1	2 (табл.3)			
6	Переменный ток	1	2(табл.4)	0...+5В	<0,5 %	<1с
	Постоянное напряжение	1	1 (табл. 2)			
7	Температура	1	2(табл.6)	0...+5В	<5%	< 10с
	Постоянный ток	2	2 (табл.3)			

1	2	3	4	5	6	7
8	Температура	1	1 (табл.6)	0...+10В	<10%	<10 с
	Постоянный ток	1	4 (табл.3)			
9	Переменное напряжение	1	2 (табл.5)	0...+5 В	<0,5 %	<1с
	Постоянное напряжение	2	3 (табл.2)			
10	Постоянное напряжение	2	2(табл.2)	-5...+5 В	<0,5 %	<1с
	Постоянный ток	1	3 (табл.3)			
11	Постоянное напряжение	1	4(табл.2)	0...+5В	<5%	< 10с
	Температура	1	2 (табл.6)			
12	Постоянный ток	2	5 (табл.3)	0...+5В	<0,5 %	<1 с
	Постоянное напряжение	2	1 (табл.2)			
13	Температура	1	1 (табл.6)	0...+10В	<5%	< 10с
	Постоянный ток	2	6 (табл.3)			
14	Переменный ток	1	3(табл.4)	0...+10В	<0,5 %	< 1 с
	Постоянное напряжение	2	2 (табл.2)			
15	Температура	1	2 (табл.6)	0...+10В	<10%	< 10 с
	Постоянное напряжение	2	3 (табл.2)			

1	2	3	4	5	6	7
16	Постоянное напряжение	2	1 (табл.2)	0...+10В	<5%	< 1с
	Температура	2	1(табл.6)			
17	Постоянный ток	3	3 (табл.3)	0...+10В	<0,5 %	<10 с
	Постоянное напряжение	2	1(табл.2)			
18	Переменное напряжение	2	2 (табл.5)	0...+5 В	<0,5 %	<1с
	Постоянное напряжение	1	3 (табл.2)			
19	Постоянное напряжение	2	2(табл.2)	-5...+5 В	<0,5 %	<1с
	Постоянный ток	1	3 (табл.3)			
20	Постоянное напряжение	3	4(табл.2)	0...+5В	<1%	< 1с
	Температура	2	2 (табл.6)			

Таблица 2 - Варианты параметров для канала измерения постоянного напряжения

№	Диапазон измеряемых напряжений	Наличие пульсаций (необходимость ФНЧ)	$f_{\text{ср}}$ ФНЧ	Выходное сопротивление источника измеряемого напряжения
1	0... + 5 В	–	–	1000 Ом
2	-5В...+ 5В	–	–	10кОм
3	0...100 мВ	+	10 Гц	100 Ом
4	100мВ...+100мВ	+	10 Гц	1000 Ом

Таблица 3 - Варианта параметров канала измерения постоянного тока

№	Диапазон измеряемых токов	Заданный тип датчика	Допустимое падение напряжения на датчике (шунте)	Наличие пульсаций (необходимость ФНЧ)	$f_{\text{ср}}$ ФНЧ
1	0...100мА	–	75 мВ	+	10 Гц
2	0...10А	–	75 мВ	–	–
3	0...1мА	–	100 мВ	–	–
4	0...1 мА	–	100 мВ	–	–
5	-10мА...+10мА	–	100 мВ	–	–
6	-100мА...+100мА	–	100 мВ	–	–

Таблица 4 - Варианты параметров для канала измерения переменного тока

№	Диапазон измеряемых токов (действующее значение)	Заданный тип датчика	Допустимое амплитудное падение напряжения на датчике (шунте)	Частота тока
1	0...50А	–	100 мВ	50 Гц
2	0...10А	–	100 мВ	400 Гц
3	0 ...300мА	–	100 мВ	50 Гц

Таблица 5 - Варианты параметров для измерения переменного напряжения

№	Диапазон измеряемых напряжений (действующее значение)	Заданный тип датчика	Выходное сопротивление источника измеряемого сигнала	Частота
1	0...10В	–	10 Ом	50 Гц
2	0... 100 мВ	–	10 кОм	400 Гц

Таблица 6 – Варианты параметров для измерения температуры

№	Диапазон измеряемых температур	Заданный тип датчика	Вид сигнала на выходе датчика	Диапазон сигнала на выходе датчика	Диапазон допустимых сопротивлений нагрузки	Заданная погрешность датчика
1	0...+600° С	ТХАУМетран-271 0,5(0...600)° С 4-20 мА	Ток	4-20 мА	100.. 1000 Ом	0,5
2	0...+100° С	ТСМУ Метран/274 0,5(0...100)° С 0-5 мА	Ток	0-5 мА	100.. 1000 Ом	0,5

В соответствии со своим вариантом студент должен разработать функциональную схему устройства, выбрать микросхемы для принципиальной схемы – операционные усилители, микросхему коммутатора, микросхему АЦП. Выбрать питающие напряжения. Разработать электрическую принципиальную схему. Выполнить расчёты, включая расчет элементов схемы (резисторы, конденсаторы). Выбрать диапазоны значений аналогового сигнала в каждой точке между звеньями. Выполнить проверку согласования выход – вход по допустимому диапазону напряжений, по выходному и входному сопротивлению.

3.2 Методические указания по разработке функциональной схемы

При разработке функциональной схемы за основу необходимо взять обобщённую структурную схему. Из нее необходимо удалить те блоки, которые не используются. Остаются только те измерительные каналы, которые заданы в таблице 1 задания. Причём количество каналов также должно соответствовать таблице 1, например, если указано, что должно быть 3 канала для постоянного напряжения, значит, их необходимо нарисовать 3 шт.

В каждом канале необходимо оставить только те блоки, которые необходимы для решения поставленной задачи. При этом необходимо сделать следующее.

Произвести выбор датчика (если он не задан). Стандартный датчик можно изобразить «прямоугольником». В некоторых случаях датчик может отсутствовать, например, при измерении постоянного напряжения. При выборе датчика необходимо учитывать диапазон измеряемой физической величины, заданную погрешность, требуемое быстродействие.

Для случаев измерения переменного тока или переменного напряжения необходимо выбрать выпрямитель. Если входное измеряемое напряжение большое, а требуемая точность невысокая, можно использовать диодный

выпрямитель [12. стр.9]. Если требуется высокая точность, то необходимо использовать прецизионный выпрямитель [8, стр. 93].

Нормирующий усилитель (НУ) необходим для согласования диапазона сигнала, поступающего на вход НУ с диапазоном сигнала, поступающего на вход АЦП. Для этого, как правило, используют инвертирующие или неинвертирующие усилители [3, 5]. Неинвертирующий усилитель следует использовать в том случае, если выходное сопротивление предыдущего каскада большое, но при этом значения сопротивления резисторов не всегда удобны. У инвертирующего усилителя значения сопротивления получаются более «круглыми», но входное сопротивление невысокое. При использовании инвертирующего усилителя необходимо проследить, чтобы у всего канала инверсии не было (то есть в канале должен быть ещё один инвертирующий каскад).

Фильтр низких частот (ФНЧ) предназначен для подавления пульсаций или помех. В том случае, если измеряется переменный ток или переменное напряжение, фильтр использовать нужно обязательно. На стадии разработки функциональной схемы достаточно выбрать коэффициент подавления фильтра для частоты пульсаций или указать частоту среза фильтра (в некоторых вариантах частота среза задана). В большинстве случаев достаточно использовать фильтр 2-го порядка на одном ОУ. В том случае, если пульсации измеряемого сигнала небольшие, ФНЧ следует исключить.

Во многих случаях функциональную схему необходимо дополнить схемой «сдвига» сигнала. Например, если сигнал может принимать значения от -5 В до +5 В, а на вход АЦП можно подавать значения от 0 до 10 В. В том случае схему сдвига можно выполнить в виде сумматора, на один вход которого подаётся сигнал, а на другой вход - постоянное напряжение +5 В.

Для выбора коммутатора необходимо выбрать конкретный тип микросхемы и выбрать для неё питающие напряжения. При этом необходимо учитывать требуемое количество входов и допустимый диапазон коммутируемых напряжений.

Для выбора АЦП необходимо выбрать конкретную микросхему АЦП. При этом необходимо учитывать требуемую точность (точность, прежде всего, связана с количеством разрядов), требуемое быстродействие, диапазон напряжений на входе АЦП. Таблицы с различными АЦП приведены в [1].

Для вариантов задания, в которых разрабатывается измерительная система, на функциональной схеме не указывать микроконтроллер и всё, что после него.

3.3 Методические указания к разработке принципиальной схемы

3.3.1 Общие положения

После разработки функциональной схемы необходимо разработать принципиальную схему. В процессе разработки принципиальной схемы необходимо выбрать и рассчитать все элементы схемы и произвести все остальные расчёты на черновике. Показать результаты преподавателю. Только после того, как будет уверенность в том, что схема окончательная, можно приступать к вычерчиванию схемы на компьютере. После того, как схема на компьютере сделана, необходимо выполнить нумерацию элементов.

Все элементы нумеруются сверху вниз, слева направо, рис.2.

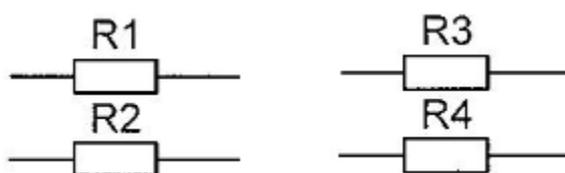


Рисунок 2 - Нумерация элементов

Конденсаторы нумеруются C1, C2 ..., аналоговые микросхемы нумеруются DA1, DA2..., цифровые микросхемы DD1, DD2..., резисторы R1, R2..., диоды VD1, VD2..., транзисторы VT1, VT2..., разъемы X1, X2..., шунты (не резистор, а именно изделие - шунт) RS1, RS2...

Только после того, как выполнена нумерация, следует приступить к описанию работы схемы. При описании следует ссылаться на пронумерованные элементы. Например, «на ОУ DA1 выполнен нормирующий усилитель, коэффициент усиления которого задается резисторами R1 и R2».

После описания принципиальной схемы необходимо выполнить расчёты и выбор всех элементов схемы, произвести требуемые по заданию расчеты.

3.3.2 Датчики напряжения

Во многих случаях датчик напряжения не требуется, измеряемое напряжение подаётся непосредственно на схему. В тех случаях, когда измеряемое напряжение большое, более 10 В, датчиком напряжения является делитель напряжения на сопротивлениях, рис 3. Расчет делителя приведен в [3, стр.15].

После датчика напряжения, или непосредственно на входе измерительного канала, включают повторитель напряжения [3. стр. 186]. Он необходим в тех случаях, когда выходное сопротивление датчика или выходное сопротивление источника измеряемого напряжения большое (см. п. 3.4). Выходное сопротивление источника измеряемого напряжения прицелено в табл. 2 и в табл. 5. Когда используется делитель, его выходное сопротивление, как правило, большое. Повторитель напряжения следует выполнить на одном ОУ, рис.3.

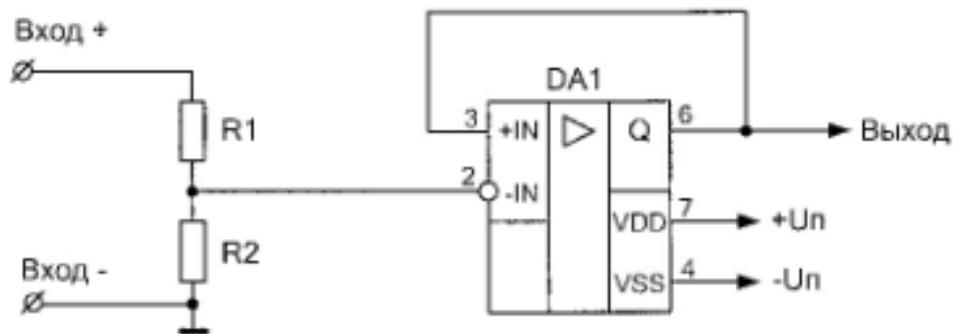


Рисунок 3 - Схема делителя с повторителем

Если после делителя включена схема неинвертирующего усилителя на ОУ, то повторитель не нужен, так как у неинвертирующего усилителя входное сопротивление большое. В конечном счете, необходимость повторителя проверяется при выполнении п. 3.4.

В некоторых случаях необходима гальваническая развязка, при этом используют датчики фирмы LEM или измерительные трансформаторы.

3.3.3 Датчики тока

При малых измеряемых токах в качестве датчика используют просто резистор. Падение напряжения на резисторе прямо пропорционально току. В результате получаем два вывода резистора, разность потенциалов между которыми является информативным параметром. Для того, чтобы получить сигнал в виде напряжения относительно «земли» необходимо использовать дифференциальный усилитель, рис.4.

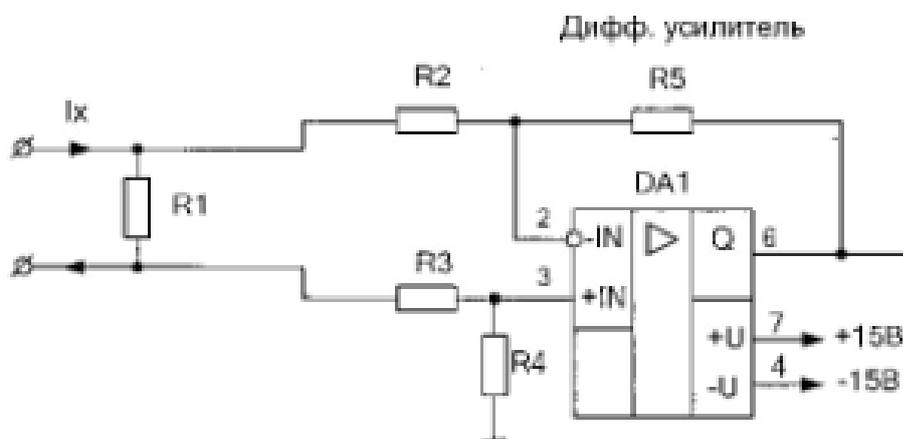


Рисунок 4 - Резистор в роли шунта и дифференциальный усилитель

Резистор R_1 рассчитывают исходя из того, чтобы падение напряжения на нём не превышало заданного значения. Мощность, рассеиваемая на резисторе не должна превышать 2 Вт, иначе размеры резистора будут слишком большие. Наиболее распространенный тип точных резисторов - С2-29В. Например, если требуется резистор сопротивлением 10 Ом, мощностью 0.25 Вт, с точностью 0,1 %. то полное наименование этого резистора будет С2-29В-0,25Вт-100 Ом±0,1 %. Перечень резисторов приведен в [22,23].

При расчете резисторов следует учитывать требования согласования по выходному - входному сопротивлению. Выходное сопротивление шунта равно его собственному сопротивлению. Входное сопротивление дифференциального усилителя равно сопротивлению R_2 , причем $R_2=R_3$. Таким образом, R_1 должен быть на несколько порядков меньше чем R_2 .

При больших измеряемых токах, более 1 А, используют специальные шунты. Шунт имеет специфическую конструкцию, у него есть токовые клеммы и потенциальные клеммы. Стандартный шунт целесообразно использовать совместно с дифференциальным усилителем, рис. 5.

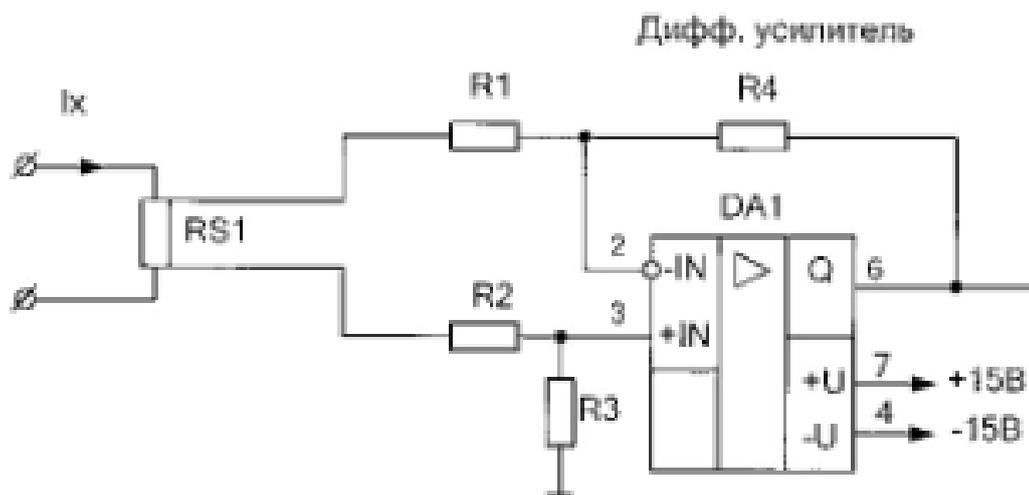


Рисунок 5 - Шунт и дифференциальный усилитель

Например, шунт типа 75ШСМ-50А предназначен для измерения токов до 50 А, причём при токе 50 А падение напряжения составляет 75 мВ. Ряд шунтов приведен в [21].

Если допустимое падение напряжения меньше 75 мВ, или если требуется гальваническая развязка, используют трансформаторы тока или датчики фирмы LEM.

3.3.4 Диодный выпрямитель

Для преобразования переменного напряжения в постоянное в простейшем случае, если погрешность не имеет большого значения, используют диодный мост, рис.6.

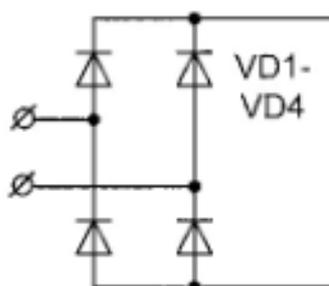


Рисунок 6 - Диодный мост

При этом выбирают диоды, исходя из предельно допустимого напряжения (необходимо учитывать амплитудное значение) и предельно допустимого тока, который в измерительных схемах очень мал, но указывать его надо.

Следует учесть, что падение напряжения на открытом диоде составляет около 0,7 В. поэтому диодный мост вносит погрешность около 1.4 В. Его использовать можно в тех случаях, когда измеряемое напряжение большое, например, при измеряемом напряжении 100 В погрешность будет составлять порядка 1,4 %.

3.3.5 Прецизионный выпрямитель

Как правило, он выполнен на двух ОУ, рис. 7. На вход подаётся сигнал в виде переменного напряжения относительно «земли» схемы. На выходе - пульсирующее положительное напряжение.

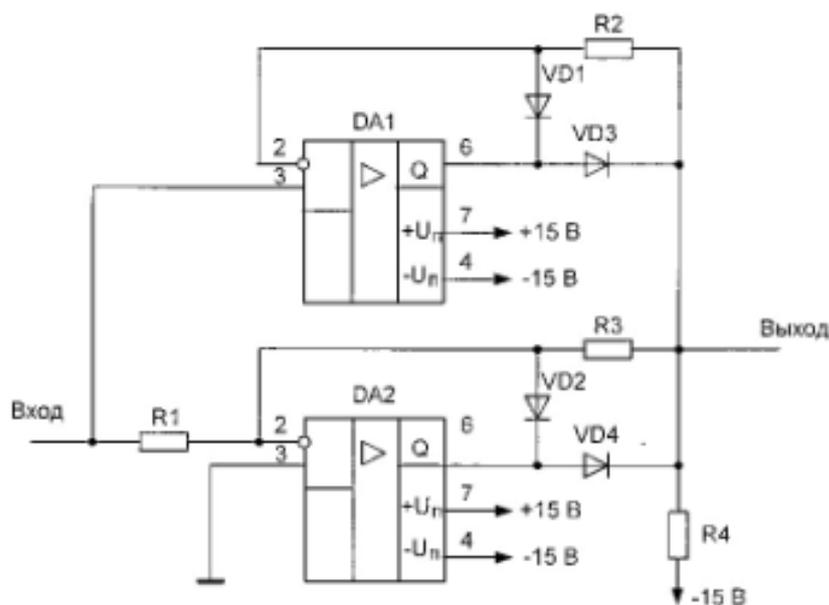
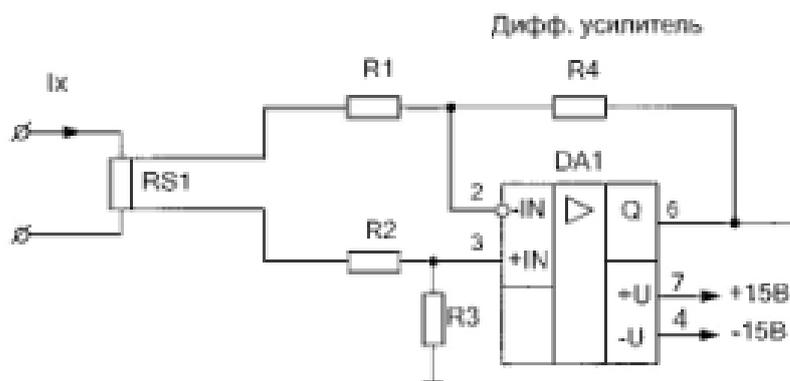


Рисунок 7 - Прецизионный выпрямитель

Расчеты приведены в [8, стр. 93]. Эту схему можно использовать в том случае, если входной сигнал не превышает допустимого входного напряжения для выбранных ОУ (как правило, от -10В до + 10 В).

3.3.6 Дифференциальный усилитель

Дифференциальный усилитель используют в тех случаях, когда имеется два входных сигнала, разность между которыми является информативным параметром. Например, при использовании шунта потенциальные клеммы шунта необходимо подключить к входам дифференциального усилителя, рис. 5. На выходе дифференциального усилителя действует напряжение относительно «земли» схемы, равное разности входных напряжений. Расчет дифференциального усилителя можно взять в [8, стр. 56].



3.3.7 Нормирующий усилитель

Нормирующий усилитель приводит диапазон изменяемых входных значений напряжения к требуемому диапазону. Например, если входное напряжение может изменяться в пределах от -1 до +1 В, а для АЦП требуется диапазон от -5 до +5 В, то нормирующий усилитель должен иметь коэффициент $k = 5$. Можно использовать как инвертирующий, так и неинвертирующий усилитель. Инвертирующий усилитель следует применять, только если предыдущий каскад имеет низкое выходное сопротивление.

В том случае, если входной сигнал может принимать как положительное, так и отрицательное значение, а для АЦП требуется только положительное напряжение, необходимо применить, схему смещения. Для этого можно использовать сумматор, на один вход которого подается сигнал, а на другой вход постоянное (опорное) напряжение, рис. 8.

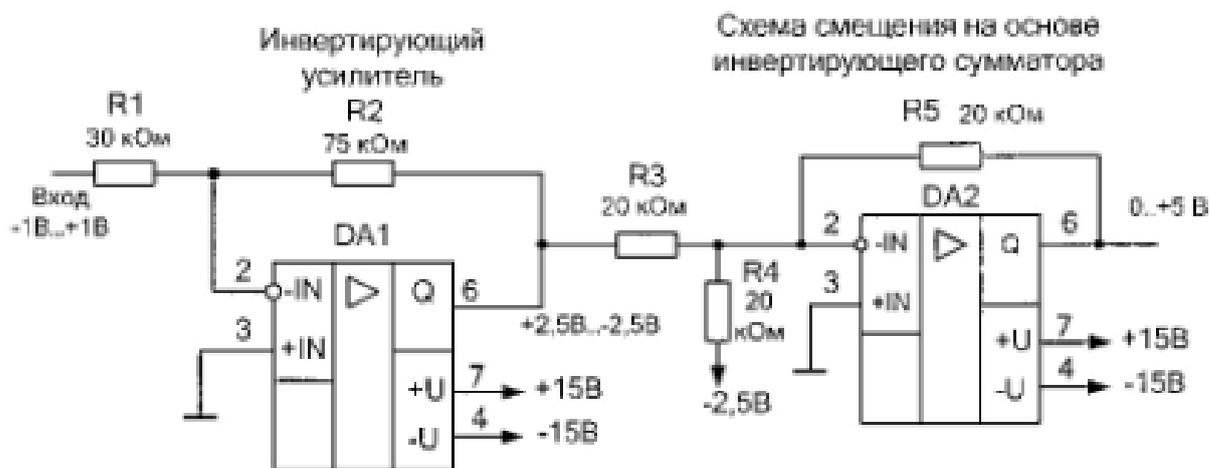


Рисунок 8 - Инвертирующий усилитель на ОУ и схема смещения

ОР07

Расчёты элементов схемы приведены в [3. стр. 184, стр. 192].

В большинстве случаев следует использовать неинвертирующий усилитель, так как он имеет большое входное сопротивление, следовательно, легко согласуется с предыдущим каскадом. В любом случае проверку по выходному - входному сопротивлению проводить все равно обязательно. Схема неинвертирующего усилителя совместно со схемой смещения приведена на рис. 9.

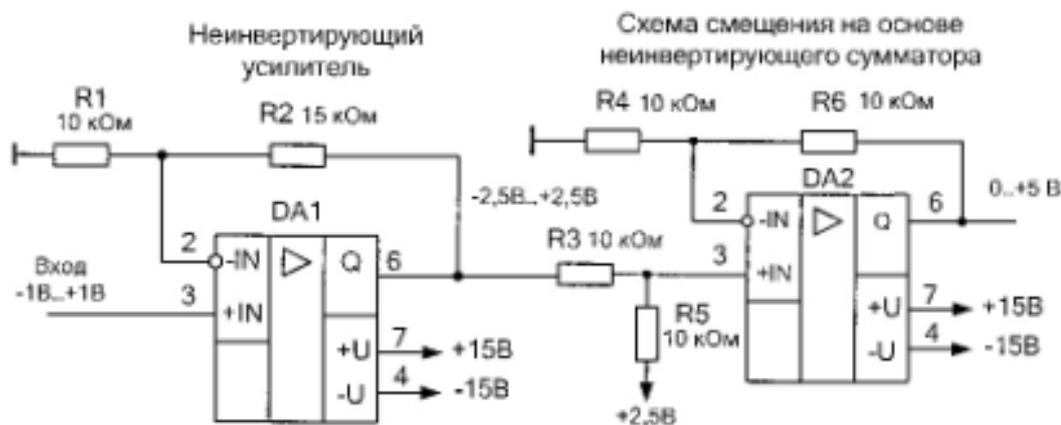


Рисунок 9 - Неинвертирующий усилитель на ОУ и схема смещения

Расчёты элементов схемы приведены в [3, стр. 184. стр. 192].

3.3.8 Фильтр низких частот

ФНЧ пропускает низкочастотный (полезный) сигнал и подавляет высокочастотные (мешающие) сигналы. Необходимость в ФНЧ возникает при наличии пульсаций в полезном сигнале (это задано в таблицах задания). Если измеряемый сигнал – переменное напряжение или переменный ток, то после прецизионного выпрямителя необходимо включать ФНЧ.

Для расчёта ФНЧ, как правило, определяют требуемый коэффициент подавления помехи заданной частоты. Например, если используется выпрямитель для измерения переменного напряжения, то на выходе выпрямителя действует постоянная составляющая (полезная) и переменная составляющая (мешающая) напряжения. Если частота входного напряжения 50 Гц, то частота пульсации в 2 раза выше, то есть 100 Гц. ФНЧ рассчитывают таким образом, чтобы на частоте 100 Гц осуществлялось подавление в заданное число раз, например, в 1000 раз (при этом погрешность 0,1 %). Таким образом, сформулировано требование к ФНЧ: коэффициент передачи по постоянному току равен 1, а на частоте 100 Гц равен 0,001. В некоторых вариантах задания сразу задана частота среза

фильтра f_c , при этом расчёт упрощается. Схемой самого распространенного ФНЧ второго порядка на ОУ является структура Саллена - Ки, приведенная на рис. 10.

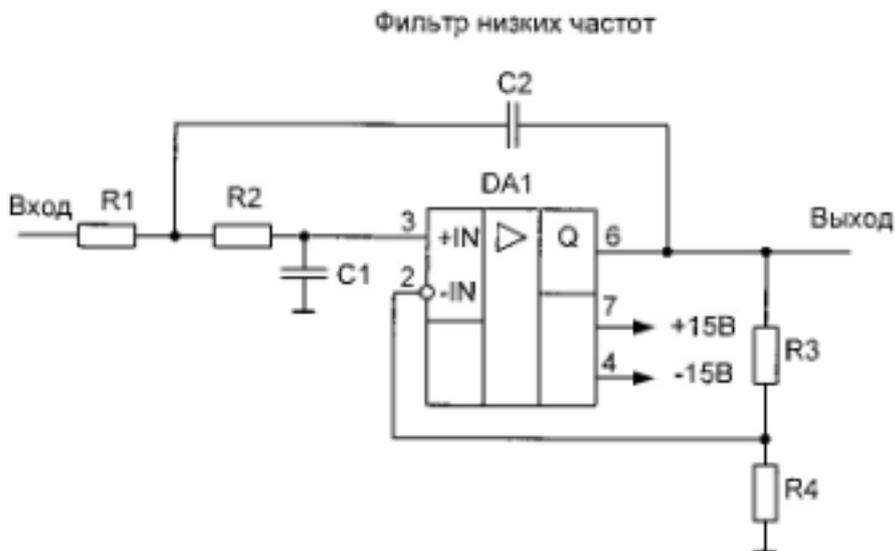


Рисунок 10 – ФНЧ второго порядка на ОУ

С помощью этой схемы можно реализовать фильтр Баттерворта, Чебышева, эллиптический и другие. Для тех, кто не имеет большого опыта разработки фильтров, рекомендуется использовать фильтр Баттерворта. Причем, если задаться коэффициентом усиления фильтра в полосе пропускания равным единице, $K_{\phi}=1$, то $R3=0$, $R4=\infty$, при этом схема упрощается. Далее по методике, приведённой в [8. стр. 82] рассчитывают схему ФНЧ.

3.3.9 Выбор микросхемы коммутатора

Коммутатор выбирают по следующим параметрам.

Количество коммутируемых сигналов. Существуют микросхемы коммутаторов, имеющие 2, 4, 8, 16 входов. Выбирать нужно ближайшее

большее число. Например, если в разрабатываемой схеме 5 сигналов, нужно выбирать 8-входовый коммутатор.

Диапазон допустимых коммутируемых напряжений. Он должен перекрывать диапазон коммутируемых напряжений в разрабатываемой схеме. В таблицах задания указан унифицированный сигнал на входе АЦП, это и есть диапазон коммутируемых напряжений в разрабатываемой схеме, так как коммутатор включен непосредственно на входе АЦП. Следует обратить внимание на полярность коммутируемых напряжений. Если в разрабатываемой схеме требуется коммутировать напряжения обеих полярностей, то нельзя использовать однополярный коммутатор. У некоторых микросхем коммутаторов имеется возможность менять диапазон коммутируемых напряжений, изменяя напряжения питания, например, микросхемы К561КП1 и К561КП2.

К наиболее распространенным микросхемам коммутаторов (мультиплексорам) относятся К590КН4, К590КН5, К590КН6, К561КП1, К561КП2, рис. 11.

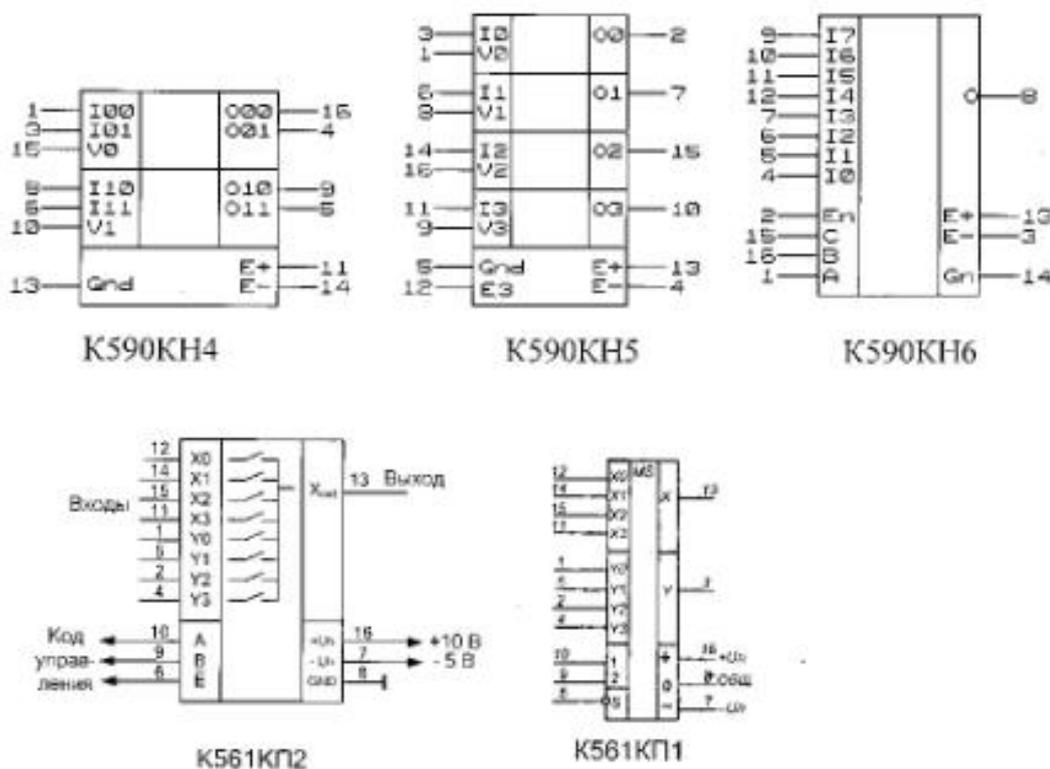


Рисунок 11 - Микросхемы коммутаторов

3.3.10 Выбор АЦП и элементов «обвязки» АЦП

Выбор АЦП можно проводить как на этапе разработки функциональной схемы (тип АЦП может повлиять на состав функциональных узлов) так и на этапе разработки принципиальной схемы. Для выбора АЦП необходимо выбрать конкретную микросхему АЦП. При этом необходимо учитывать требуемую точность (точность, прежде всего, связана с количеством разрядов), требуемое быстродействие, диапазон напряжений на входе АЦП. Таблицы с различными АЦП приведены в [16].

Во многих случаях возле микросхемы АЦП включены различные дополнительные компоненты: источник опорного напряжения, блокировочные конденсаторы и т.п. Для выбора этих элементов следует придерживаться рекомендаций, приведённых в описании данного АЦП. На рис. 12 приведены несколько распространенных АЦП.

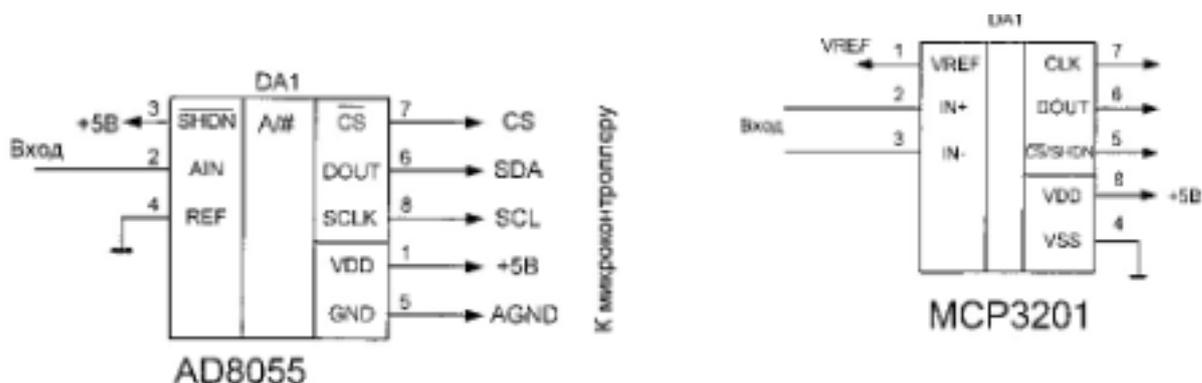


Рисунок 12 - Микросхемы АЦП

3.4 Методические указания по выполнению проверочного расчёта выход-вход между каскадами

Проверочный расчет выход-вход выполняется для каждой точки между звеньями (каскадами) схемы. Он включает в себя проверку по допустимому напряжению и проверку по выходному-входному сопротивлению.

Проверка по допустимому напряжению заключается в сравнении диапазона изменения сигнала на выходе предыдущего каскада с допустимым диапазоном входных напряжений последующего каскада. Диапазон сигнала на выходе предыдущего каскада необходимо учитывать с учётом пульсаций, а при использовании переменного тока или напряжении необходимо учитывать амплитудное значение. На выходе выпрямителя также необходимо вычислить амплитудное значение. Допустимый диапазон для последующего каскада, как правило, совпадает с допустимым диапазоном входных напряжений ОУ коммутатора, АЦП, которые указаны в паспортных данных на эти микросхемы.

Проверка по выходному-входному сопротивлению заключается в следующем. Необходимо обеспечить входное сопротивление последующего каскада значительно больше, чем выходное сопротивление предыдущего каскада, причём во много раз. Если это соотношение в 100 раз, то погрешность будет составлять 1%, поэтому нужно добиваться соотношения в 1000 и более раз.

Расчет выходного сопротивления инвертирующего и неинвертирующего усилителей приведен в [8]. Выходное сопротивление шунта равно сопротивлению шунта. Выходное сопротивление резистивного делителя напряжения из двух резисторов равно эквивалентному сопротивлению двух включенных параллельно резисторов. Выходное сопротивление коммутатора складывается из выходного сопротивления каскада, включённого до коммутатора и сопротивления открытого ключа коммутатора (справочная величина).

Входное сопротивление инвертирующего усилителя равно сопротивлению входного резистора, входное сопротивление неинвертирующего усилителя равно входному сопротивлению

неинвертирующего входа ОУ (справочная величина). Входное сопротивление АУП - справочная величина.

Для некоторых микросхем не указано входное сопротивление входов, но указан входной ток $I_{вх}$ или ток утечки по входу. При этом входное сопротивление можно рассчитать, разделив максимальное полезное входное напряжение $U_{вх.макс}$ на входной ток:

$$R_{вх} = \frac{U_{вх.макс}}{I_{вх}}$$

Если проверочный расчет показывает, что согласование выход-вход плохое, необходимо или дополнительно включить схему повторителя напряжения или менять схему предыдущего или последующего каскадов.

3.5 Методические указания по выполнению динамического расчёта

Динамический расчет: выполняется по индивидуальному заданию, которое выдаёт преподаватель.

Один из видов динамического расчета – расчёт времени измерения одной физической величины. Время измерения складывается из времени переходных процессов всех каскадов схемы в предположении, что измеряемая величина изменилась скачком.

$$\tau_{общ} = \tau_1 + \tau_2 \dots + \tau_{АЦП}$$

Время переходных процессов зависит от быстродействия ОУ, от частоты среза ФНЧ. Время преобразования АЦП - справочное значение.

Динамический расчет может быть выполнен в виде моделирования одного из узлов схемы, например, построение АЧХ ФНЧ или переходной характеристики ФНЧ с помощью ППП Micro Cap 9.0.

3.6 Методические указания по расчёту погрешности

Расчет погрешности выполняется по индивидуальному заданию, которое выдаёт преподаватель.

Аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности усилителей вычисляются по методике, приведённой в [8].

Погрешности, вносимые датчиками - справочные значения.

Погрешности, вносимые АЦП описаны в [1].

Суммарная погрешность системы (по каждому каналу по отдельности, мультипликативная и аддитивная - по отдельности) складывается из погрешностей каскадов [25].

4 СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРЕЧИМ ЭЛЕМЕНТОВ

Перечень элементов является неотъемлемой частью схемы электрической принципиальной, но располагается в приложении.

В перечне элементов указывается позиционное обозначение и полное название каждого элемента. Например:

R1 C2-33Н-0.25В-10кОм+5% ОЖО461.093 ТУ

C1 К10-17-1в-30пФ±10% ОЖО460Л07 ТУ

Позиционные обозначения должны быть по алфавиту: сначала конденсаторы (С1.С2...), затем микросхемы (DA1...), и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.-2-е изд.. перераб и доп.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-нис. 1988.-304с.
2. Фолкенбери Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС: Пер. с англ.-М.: Мир. 1985.-572 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники в 3-х томах. Том 1. Пер.с англ. - 4-е изд. перераб. и доп. - М: Бином. 2009.
4. Тише У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Пер. с нем., 12-е изд. в 2-х томах- М: ДМК Пресс, 2007.
5. Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учебное пособие. - Изд. 8-е. Ростов н/Д: Феникс, 2010.
6. Григорьян С.Г. "Конструирование электронных устройств систем автоматизации и вычислительной техники", - М: феникс. 2007.
7. Электроника и микропроцессорная техника. Дипломное проектирование систем автоматизации и управления: учебник / Под ред. В.И. Лачина. Ростов н/Д: Феникс, 2007., 576 с.
8. Схемотехника: учебное пособие: в 2-х ч./В.Н. Ашанин, С.Г. Исаев., В.В. Ермаков. -Пенза: Информационно-издательский центр ЛГУ, 2007.-Часть I: Аналоговая схемотехника. -268 с.
9. Сайт дистанционного образования дальневосточного государственного университета путей сообщения. Расчет схем включения операционных усилителей.
10. Электронные лекции. Раздел 3. Операционные усилители. Режим доступа: <http://web-local.rudn.ru>
- 11.Образовательные ресурсы Института Космических и Информационных технологий. Исследование функциональных узлов на основе ОУ. Режим доступа: <http://ikit.edu.sfu-kras.ru/>

12. Борнсов П.А., Томасов В.С. Расчет и моделирование выпрямителей. Учебное пособие по курсу "Элементы систем автоматики" (Часть I). - СПб: СПб ГУ ИТМО. 2009 - 169 с.5.

13. Официальный сайт ЗАО "ММП-Ирбис". Импульсные источники вторичного электропитания.

14. Операционные усилители и компараторы М: Издательский дом «Додэка XXI». 2002-560с.

15. Официальный сайт компании Платан. [Электронный ресурс]: Аналого-цифровые преобразователи, (стр. 13). Операционные усилители, (стр. 34)

16. Официальный сайт компании Промэлектроника. [Электронный ресурс]: АЦП,

17. Официальный сайт компании Analog Devices. [Электронный ресурс]: Операционные усилители.

18. Официальный сайт компании Maxim Integrated. [Электронный ресурс]: Операционные усилители.

19. Официальный сайт компании Texas Instruments. [Электронный ресурс]: Усилители.

20. Официальный сайт компании International Rectifier. [Электронный ресурс]: N-канальные транзисторы.

21. Официальный сайт ОАО Электроприбор. [Электронный ресурс]: шунты, преобразователи тока и добавочные сопротивления.

22. Официальный сайт компании Рсом. [Электронный ресурс]: Резисторы постоянные не проволочные С2-29В.

23. Официальный сайт ОАО Эркон. [Электронный ресурс]: Прецизионные тонкопленочные резисторы.

24. Официальный сайт компании Метран. [Электронный ресурс]: Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТХАУ Метран-271, ТСМУ Метран-274, ТСПУ Метран-376.

25.Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: учеб. пособие для вузов. - М.: Логос, 2001.-408с.