

Подключение двухпроводных датчиков и измерительных преобразователей с питанием от сигнала 4-20мА

1. Назначение сигнала 4-20 мА

Стандартный сигнал постоянного тока 4-20 мА широко используется в средствах измерения и средствах промышленной автоматизации:

- для сопряжения с датчиками и преобразователями, для выполнения измерений параметров;
- для выдачи управляющих воздействий и сопряжения с исполнительными устройствами;
- для осуществления информационной связи между устройствами.

Аналоговый сигнал представлен в виде постоянного тока с диапазоном изменения 4-20 мА, где 4мА соответствует минимальному уровню сигнала, а 20 мА - максимальному.

2. Преимущества сигнала 4-20 мА

Сигнал постоянного тока 4-20 мА обладает рядом преимуществ:

- двухпроводная схема подключения;
- не требуется калибровка датчика или измерительного преобразователя на контроллере;
- возможность контроля короткого замыкания и обрыва линии. «Нуль» токового контура 4-20 мА - это «нуль» работающего прибора, позволяющий надежно распознать неисправность оборудования, а также короткое замыкание, отсоединение или обрыв линии;
- высокая степень помехозащищенности. Токовый контур 4-20 мА имеет низкое сопротивление, а, следовательно, более устойчив к помехам, чем сигналы напряжения.

3. Схемы подключения двухпроводных датчиков и преобразователей

Двухпроводная схема является самой простой и надёжной для работы датчика (преобразователя). Датчик (преобразователь) не выходит из строя при неправильном включении (в случае неправильной полярности питания), при коротких замыканиях, а также менее чувствителен к помехам (особенно при малых сопротивлениях нагрузки). При двухпроводном включении проще реализовать меры по снижению влияния электромагнитных помех (индустриальные помехи, радиопомехи).

3.1. Подключение датчика к контроллеру, имеющему встроенный блок питания

Датчик (преобразователь) подключается к контроллеру (регулятору или индикатору), имеющему встроенный блок питания для аналоговых датчиков. Аналоговый вход контроллера AI1 – активный. Схема подключения показана на рисунке 1.

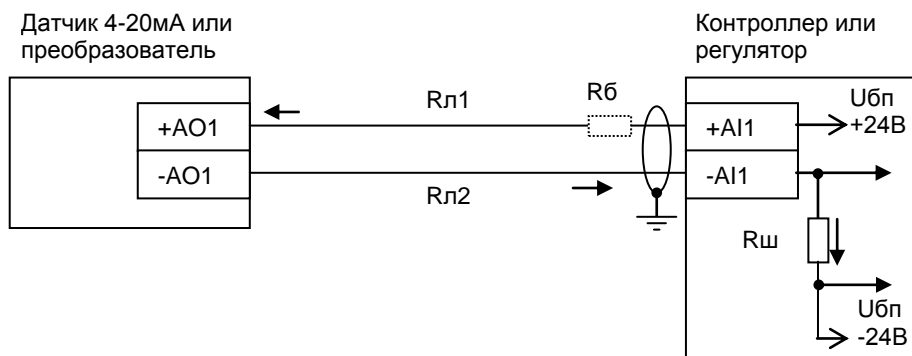


Рисунок 1 – Схема подключения датчика к контроллеру, имеющему встроенный блок питания

где:

$R_{ш}$ - сопротивление измерительного шунта (нагрузки), Ом. Сопротивление шунта $R_{ш}$ зависит от типа контроллера и указано в его руководстве по эксплуатации.

$R_{л1}$ и $R_{л2}$ – сопротивление проводов соединительной линии, Ом,

$U_{бп}$ - напряжение блока питания датчика, В.

$R_{б}$ – балластный резистор (не обязательный), Ом, для ограничения мощности, потребляемой датчиком, см. расчет мощности по формуле (3),

Стрелками указано направление прохождения тока 4-20мА.

В качестве шунта $R_{ш}$ (сопротивления нагрузки) в данной схеме может выступать прецизионный измерительный резистор, входное сопротивление цифрового измерителя тока или входное сопротивление контроллера.

Шунт $R_{ш}$ может подключаться как в плюсовую, так и в минусовую цепь датчика. При работе с системой сбора данных чаще схемотехнически оправдано включать нагрузку в минусовую цепь питания датчика.

3.2. Подключение датчика к контроллеру, не имеющего встроенного блока питания

Если контроллер не имеет встроенного блока питания датчиков или его мощности не хватает для подключения датчика, используют внешний блок питания. Аналоговый вход контроллера AI2 – пассивный. Схема подключения показана на рисунке 2.

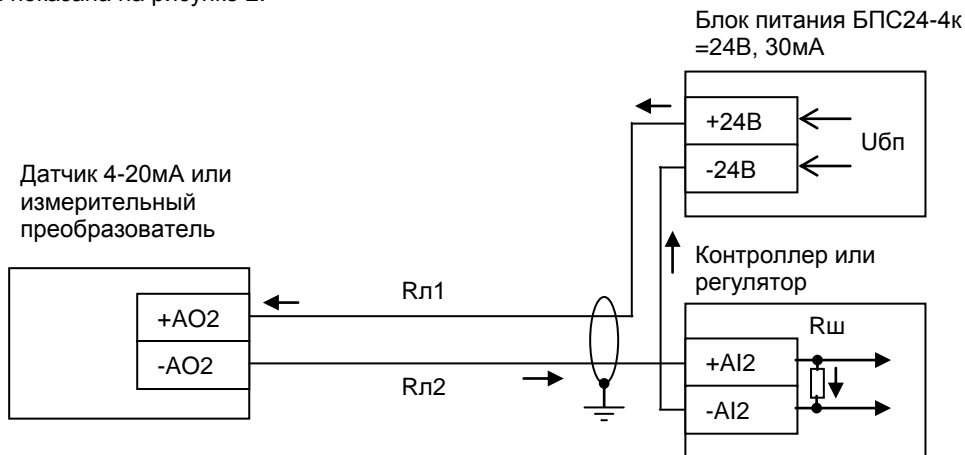


Рисунок 2 – Схема подключения датчика к контроллеру, не имеющего встроенного блока питания (условные обозначения - см.примечания к рис.1)

3.3. Подключение нескольких датчиков к контроллеру

Схема подключения нескольких датчиков с помощью одного блока питания показана на рисунке 3. Аналоговые входы контроллера AI1-AI3 – пассивные. Источник питания U_{бп} должен обеспечить ток для питания всех датчиков (преобразователей). Например, максимальный ток одного датчика = 24мА, в таком случае, блок питания должен обеспечить ток для трех датчиков, не менее 72 мА.

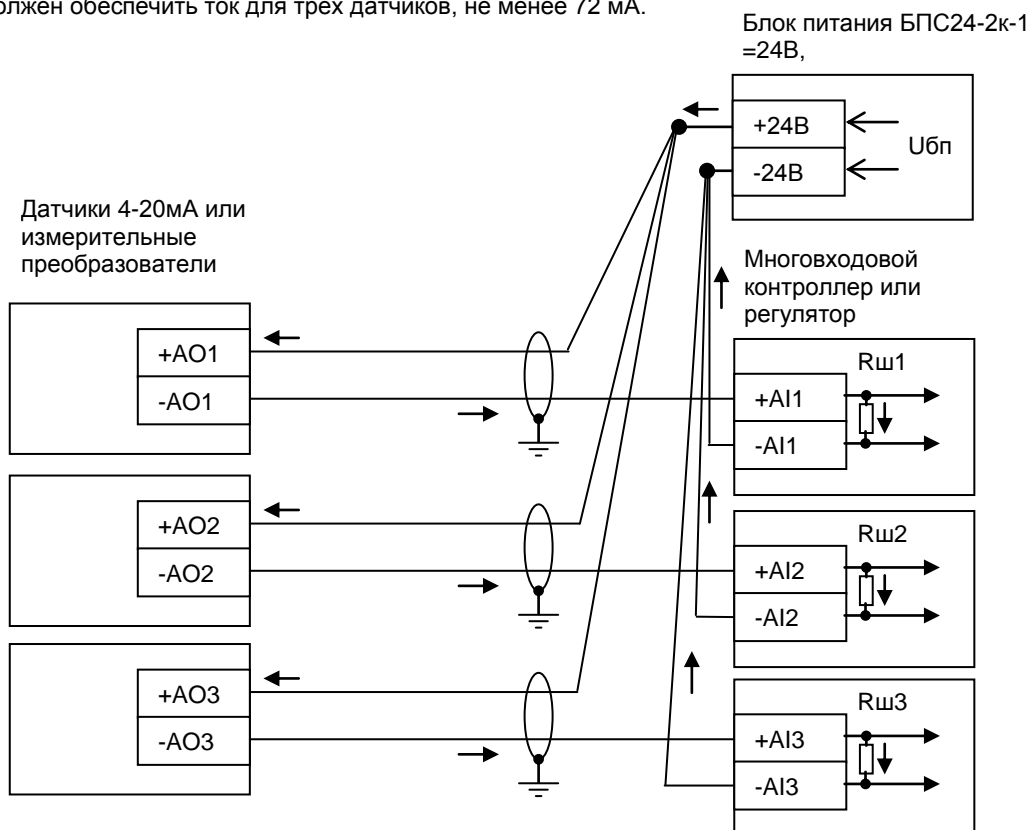


Рисунок 3 – Схема подключения нескольких датчиков к контроллеру, с помощью одного блока питания (условные обозначения - см.примечания к рис.1)

Чтобы исключить появление дополнительной погрешности от протекания суммы выходных токов датчиков, объединение нагрузок должно быть выполнено в одной точке. Для минимизации обратной связи по проводам питания объединение проводов питания датчиков должно быть выполнено непосредственно на положительном выводе источника питания. Провод, соединяющий отрицательный зажим источника питания с общей точкой системы, должен быть минимальной длины.

3.4. Расчет блока питания и длины линии связи

Для питания датчиков, как правило, используют блоки питания с напряжением 24В. При проектировании следует проверять соответствие напряжение блока питания параметрам линии и номиналу измерительного шунта (нагрузочного сопротивления). **Минимально необходимое напряжение блока питания** рассчитывается по формуле (1):

$$U_{бп\ min} = U_{д\ min} + (R_{ш} + R_{л}) * I_{max} / 1000, \text{ В} \quad (1)$$

Используя формулу (1), можно определить **максимальную длину линии связи (сопротивление одной линии связи)** по формуле (2). Учитывая, что $R_{л} = R_{л1} + R_{л2}$ (см. рис.1, 2):

$$R_{л1} = R_{л2} = 0,5 * [(1000 * (U_{бп} - U_{д\ min}) / I_{max}) - R_{ш}], \text{ Ом} \quad (2)$$

где: $U_{бп\ min}$ – минимальное напряжение блока питания, В;
 $R_{ш}$ – сопротивление измерительного шунта, Ом;
 $R_{л}$ – сопротивление линии связи, Ом; $R_{л} = R_{л1} + R_{л2}$ (см. рис.1, 2);
 $U_{д\ min}$ – минимальное напряжение питания датчика;
 I_{max} – максимальный ток датчика (например, 24мА);
 I_{nom} – номинальный ток датчика (20мА).

Максимальная мощность потребления датчиком, рассчитывается по формуле (3):

$$P_{дат.max} = I_{max} * [U_{бп} - I_{max} * (R_{ш} + R_{л}) / 1000] / 1000, \text{ Вт} \quad (3)$$

Расчетная мощность потребления не должна превышать мощности, указанной в руководстве по эксплуатации на подключаемый датчик (или преобразователь). Если расчетная мощность превышает указанную мощность в документации, необходимо, подключить последовательно балластный резистор $R_{б}$ (см. рис.1, ориентировочное сопротивление 100 Ом ... 1 кОм) и повторить расчет с учетом сопротивления $R_{б}$.

● Пример 1. Расчет минимального напряжения блока питания по формуле (1).

$R_{ш} = 100 \text{ Ом}$, - см. руководство по эксплуатации на используемый контроллер (регулятор);
 $R_{л} = 200 \text{ Ом}$, - см. характеристики линии связи; линия 1км,
погонное сопротивление линии связи 100 Ом/1км, 2 линии по 100 Ом;
 $U_{д\ min} = 9\text{В}$, - см. руководство по эксплуатации на используемый датчик (преобразователь);
 $I_{max} = 24\text{мА}$ - см. руководство по эксплуатации на используемый датчик (преобразователь).

Подставляя данные в формулу (1) получим минимально необходимое напряжение блока питания:
 $U_{бп\ min} = 16,2 \text{ В}$.

● Пример 2. Расчет максимальной длины линии связи, по формуле (2).

$U_{бп} = 24\text{В}$, - напряжение блока питания, В;
 $U_{д\ min} = 9\text{В}$, - см. руководство по эксплуатации на используемый датчик (преобразователь);
 $I_{max} = 24\text{мА}$ - см. руководство по эксплуатации на используемый датчик (преобразователь).
 $R_{ш} = 100 \text{ Ом}$, - см. руководство по эксплуатации на используемый контроллер (регулятор);

Подставляя данные в формулу (2) получим сопротивление максимальной длины линии связи:

$$R_{л1} + R_{л2} = 262,5 \text{ Ом},$$

при характеристике линии связи погонное сопротивление линии связи 100 Ом/1км, максимальная длина линии связи будет равна: $L1 = L2 = 1000 * 262,5 \text{ Ом} / 100 \text{ Ом/1км} = 2 \text{ 625 м}$.

Полученное значение длины линии связи, является расчетным.

4. Рекомендации по выбору и подключению кабеля

Для подключения датчиков и преобразователей с выходом 4-20 мА рекомендуется применять кабель, который состоит из экранированной витой пары с сечением многожильного провода не менее 0,5 мм. Экран кабеля подключается к защитному заземлению (РЕ). В случае если контроллер, к которому подключается датчик, установлен в металлическом щите, то экран следует подключить к заземлению щита.

5. Рекомендации по выбору блока питания

Если контроллер допускает объединение одноименных полюсов аналоговых входов, то в многоканальном блоке питания нет необходимости.

Преимущество многоканальных блоков в том, что они, как правило, имеют небольшой ток короткого замыкания, и при случайном замыкании линии связи повреждение аналогового входа исключено.

Цель применения многоканальных блоков питания состоит в том, чтобы гальванически развязать все сигнальные цепи без высоких затрат.