

## Фундаментальные основы работы токовой петли 4..20 мА

С 1950-х годов токовая петля используется для передачи данных от измерительных преобразователей в процессе мониторинга и контроля. При низкой стоимости реализации, высокой помехоустойчивости и возможности передачи сигналов на большие расстояния, токовая петля оказалась особенно удобной для работы в промышленных условиях. Этот материал посвящен описанию базовых принципов работы токовой петли, основам проектирования, настройке.

### Использование тока для передачи данных от преобразователя

Датчики промышленного исполнения часто используют токовый сигнал для передачи данных в отличие, от большинства других преобразователей, таких, например, как термодатчики или тензорезистивные датчики, которые используют напряжение сигнала. Несмотря на то, что преобразователи, использующие напряжение в качестве параметра передачи информации, действительно эффективно применяются во многих производственных задачах, существует круг приложений, где использование характеристик тока предпочтительнее. Существенным недостатком при использовании напряжения для передачи сигналов в промышленных условиях является ослабление сигнала при его передаче на значительные расстояния вследствие наличия сопротивления проводных линий связи. Можно, конечно, использовать высокий входной импеданс устройств, чтобы обойти потери сигнала. Однако, такие устройства будут весьма чувствительны к шуму, которые индуцируют находящиеся поблизости моторы, приводные ремни или радиовещательные передатчики.

Согласно первому закону Кирхгофа сумма токов, втекающих в узел, равна сумме токов, вытекающих из узла. В теории, ток, протекающий в начале контура, должен достичь его конца в полном объеме, как показано на рис.1. 1.

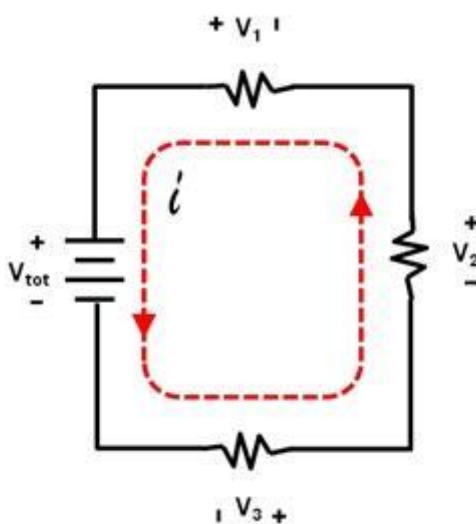


Рис.1. В соответствии с первым законом Кирхгофа ток в начале контура равен току в его конце.

Это основной принцип, на котором работает контур измерения.. Измерение тока в любом месте токовой петли (измерительного контура) дает один и тот же результат. Используя токовые сигналы и приемные устройства для сбора данных с низким входным

сопротивлением, в промышленных приложениях, возможно, получить значительный выигрыш от улучшения помехоустойчивости и увеличения длины линии связи.

### Компоненты токовой петли

В состав основных компонентов токовой петли входят источник постоянного тока, первичный преобразователь, устройство сбора данных, и провода, соединяющие их в ряд, как показано на рисунке 2.

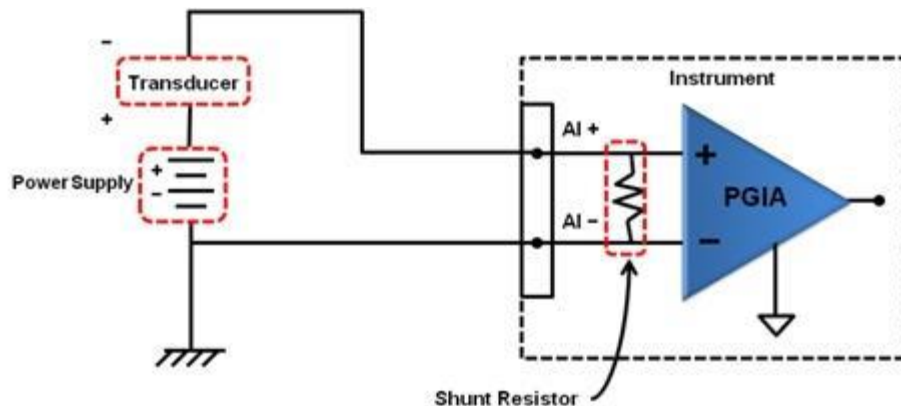


Рис.2. Функциональная схема токовой петли.

Источник постоянного тока обеспечивает питание системы. Преобразователь регулирует ток в проводах в диапазоне от 4 до 20 мА, где 4 мА представляет собой «живой» ноль, а 20 мА представляет максимальный сигнал.

0 мА (отсутствие тока) означает разрыв в цепи. Устройство сбора данных измеряет величину регулируемого тока. Эффективным и точным методом измерения тока является установка прецизионного резистора- шунта на входе измерительного усилителя устройства сбора данных (на рис.2) для преобразования тока в напряжение измерения, чтобы в конечном итоге получить результат, однозначно отражающий сигнал на выходе преобразователя.

Чтобы помочь лучше понять принцип работы токовой петли, рассмотрим для примера конструкцию системы с преобразователем, имеющую следующие технические характеристики :

*Преобразователь используется для измерения давления*

*Преобразователь расположен в 2000 футов от устройства измерения*

*Ток, измеряемый устройством сбора данных, обеспечивает оператора информацией о величине давления, приложенного к преобразователю*

Рассмотрение примера начнем с подбора подходящего преобразователя.

### Проектирование токовой системы

#### Выбор преобразователя

Первым шагом в проектировании токовой системы является выбор преобразователя. Независимо от типа измеряемой величины (расход, давление, температура, и т.д.) важным фактором в выборе преобразователя является его рабочее напряжение. Только подключение источника питания к преобразователю позволяет регулировать величину тока в линии связи. Значение напряжения источника питания должно находиться в допустимых пределах : больше, чем минимально необходимое, меньше, чем максимальное значение, которое может привести к повреждению преобразователя.

Для токовой системы, рассматриваемой в примере, выбранный преобразователь измеряет давление и имеет рабочее напряжение от 12 до 30 В. Когда преобразователь выбран, требуется правильно измерить токовый сигнал, чтобы обеспечить точное представление о давлении, подаваемом на датчик.

### Выбор устройства сбора данных для измерения тока

Важным аспектом, на который следует обратить внимание при построении токовой системы, является предотвращение появления токового контура в цепи заземления. Общим приемом в таких случаях является изоляция. Используя изоляцию, вы можете избежать влияния контура заземления, возникновение которого поясняет рис.3.

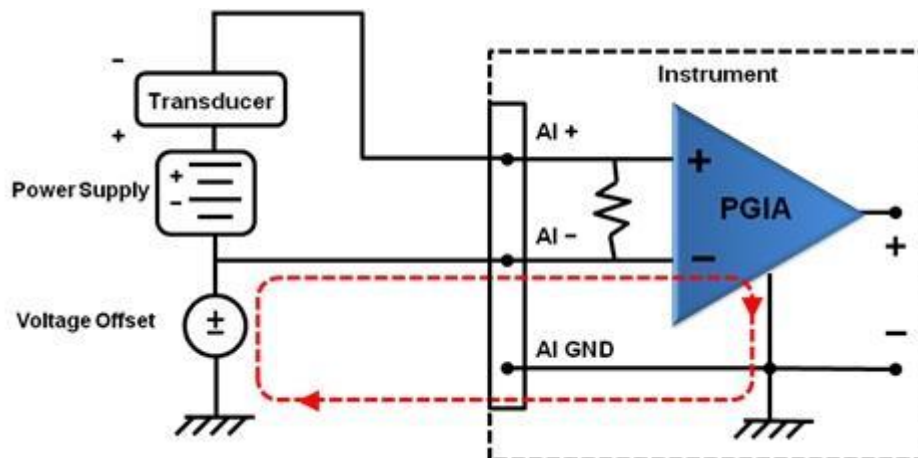


Рис.3. Контур заземления

Заземляющие контуры образуются при двух подключенных терминалов в цепи в разных местах потенциалов. Эта разница приводит к появлению дополнительного тока в линии связи, что может привести к появлению ошибок при измерениях. Под изоляцией устройства сбора данных понимается электрическое отделение земли источника сигнала от земли входного усилителя измерительного устройства, как показано на рисунке 4.

Поскольку ток не может течь через барьер изоляции, точки заземления усилителя и источника сигнала имеют один и тот же потенциал. Таким образом исключается возможность непреднамеренно создать контур заземления.

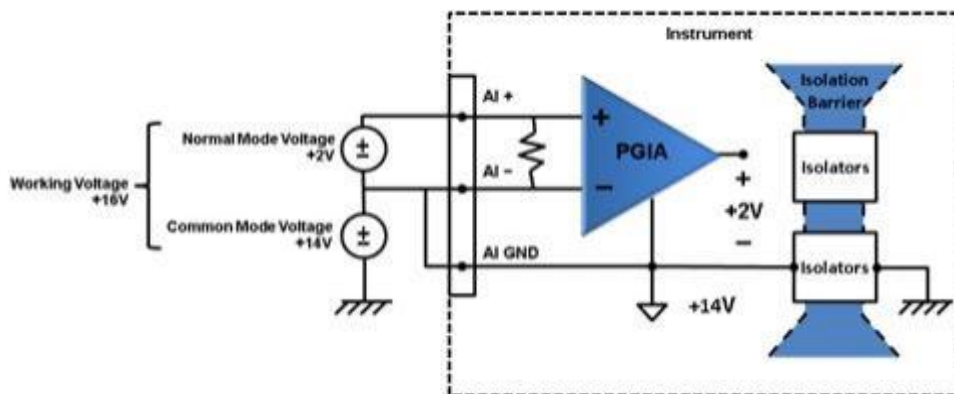


Рис.4. Синфазное напряжение и напряжение сигнала в схеме с изоляцией

Изоляция также предотвращает повреждение устройства сбора данных при наличии больших синфазных напряжений. Синфазным называют напряжение одинаковой

полярности, которое присутствует на обоих входах инструментального усилителя. Например, на рис. 4. и положительный (+), и отрицательный (-) входы усилителя имеют +14 V синфазного напряжения. Многие устройства сбора данных имеют максимальный входной диапазон  $\pm 10$  В. Если устройство сбора данных не имеет изоляции и синфазное напряжение выходит за максимальный входной диапазон, вы можете повредить устройство. Хотя нормальное (сигнальное) напряжение на входе усилителя на рис. 4 составляет только +2 В, добавка +14 В может дать в результате напряжение +16 В. (Сигнальное напряжение – это напряжение между « + » и « - » усилителя, рабочее напряжение есть сумма нормального и синфазного напряжения) ,что представляет опасный уровень напряжения для устройств сбора с меньшим рабочим напряжением.

При изоляции общая точка усилителя электрически отделена от нуля заземления. В схеме на рисунке 4 потенциал в общей точке усилителя «приподнят» на уровень +14 V. Такой прием приводит к тому, величина входного напряжения падает с 16 до 2 В. Теперь устройство сбора данных, больше не на риск перенапряжения ущерб. (Обратите внимание, что изоляторы имеют максимальную синфазного напряжения они могут отвергнуть.)

После того как устройство сбора данных изолировано и защищено, последним шагом при комплектовании токовой петли является выбор соответствующего источника питания.

#### **Выбор источника питания**

Определить, какой источник питания наилучшим образом отвечает вашим требованиям, весьма просто. При работе в токовой петле, блок питания должен выдавать напряжение, равное или большее, чем сумма падений напряжений на всех элементах системы.

Устройство сбора данных в нашем примере использует прецизионной шунт для измерения тока.

Необходимо рассчитать падение напряжения на этом резисторе. Типовой шунтирующий резистор имеет сопротивление 249  $\Omega$ . Основные расчеты при диапазоне тока в токовой петле 4.. 20 мА

показывают следующее:

$$I \cdot R = U$$

$$0,004 \text{ A} \cdot 249 \Omega = 0,996 \text{ V}$$

$$0,02 \text{ A} \cdot 249 \Omega = 4,98 \text{ V}$$

С шунта сопротивлением 249  $\Omega$  мы можем снять напряжение в диапазоне от 1 до 5 В, увязав величину напряжения на входе устройства сбора данных с величиной выходного сигнала преобразователя давления.

Как уже упоминалось, преобразователь давления требует минимального рабочего напряжения 12 В при максимальным 30 В. Добавив падение напряжения на прецизионном шунтирующем резисторе к рабочему напряжению преобразователя, получаем следующее:

$$12 \text{ V} + 5 \text{ V} = 17 \text{ V}$$

На первый взгляд, хватит напряжения 17 В. Необходимо, однако, учесть дополнительную нагрузку на блок питания, которую создают провода, имеющее

электрическое сопротивление. В случаях, когда датчик находится далеко от измерительных приборов, вы должны учитывать фактор сопротивления проводов при расчетах токовой петли. Медные провода имеют сопротивление постоянному току, которое прямо пропорционально их длине. С датчиком давления из рассматриваемого примера вам необходимо учесть 2000 футов длины линии связи при определении рабочего напряжения источника питания. Погонное сопротивление одножильного медного кабеля  $2.62 \Omega/100$  футов. Учет этого сопротивления дает следующее :

Сопротивление одной жилы длиной 2000 футов составит  $2000 * 2.62 / 100 = 52.4$  м.

Падение напряжения на одной жиле составит  $0.02 * 52.4 = 1.048$  В.

Чтобы замкнуть цепь, необходимы два провода, тогда длина линии связи удваивается, и полное падение напряжения составит  $2.096$  В. В итоге около  $2.1$  В благодаря тому, что расстояние от преобразователя до вторичного прибора составляет 2000 футов. Просуммировав падения напряжения на всех элементах контура, получим :

$$2.096 \text{ В} + 12 \text{ В} + 5 \text{ В} = 19.096 \text{ В}$$

Если вы использовали  $17 \text{ В}$  для питания рассматриваемой схемы, то напряжение, подаваемое на преобразователь давления будет ниже минимального рабочего напряжения за счет падения на сопротивлении проводов и шунтирующем резисторе. Выбор типового источника питания  $24 \text{ В}$  удовлетворит требованиям по питанию для преобразователя. Дополнительно имеется запас напряжения для того, чтобы разместить датчик давления на большем расстоянии.

С выбором правильно подобранных преобразователя, устройства сбора данных, длины кабелей и источника питания разработка простой токовой петли завершена. Для более сложных приложений вы можете включить дополнительные каналы измерений в систему.