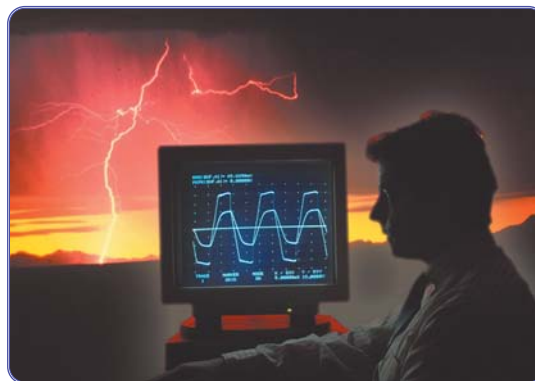


# Зачем она нужна эта Ваша гальваническая развязка?

Сахнюк А.А., "ХОЛИТ Дэйта Систем", Киев



Продолжаем цикл публикаций, посвященных вопросам гальванической развязки и помехозащищенности. Цель нынешней - познакомить читателей с причинами возникновения помех общего вида и их влиянием на точность измерений, а также дать рекомендации по эффективному использованию нормирующих преобразователей в условиях промышленных помех.

При проведении измерений и сборе данных в системах управления технологическими процессами непосредственно на производственных участках возникают проблемы, обусловленные различными воздействиями на оборудование окружающей электромагнитной обстановки. Ситуация может сложиться так, что понизится точность измерений или даже выйдет из строя дорогостоящее оборудование. Учет этих факторов не просто важен. Он жизненно необходим.

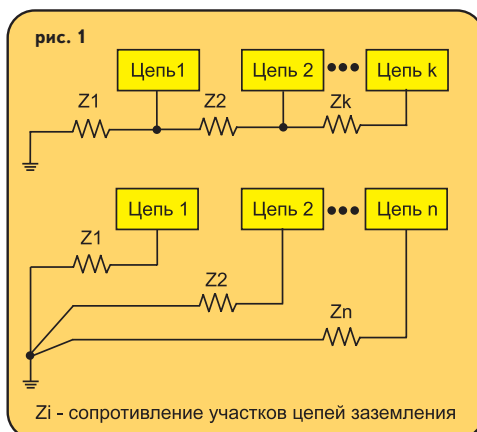
## Заземление и образование контуров

В производственных условиях системы заземления передают сигнал и обратные токи от источников питания, формируют опорные потенциалы для измерительных аналоговых и цифровых интерфейсных цепей. Они также служат для стекания накопившихся электрических зарядов, защищают персонал и оборудование от сбоев и неполадок на линиях питания и от всевозможных электрических разрядов. Но любой ток, протекающий в системе заземления, создает в ней определенную разность потенциалов. Различные переходные процессы, грозовые разряды и удары молний могут вызывать разность потенциалов в сотни или тысячи вольт.

Заземление выполняется с учетом таких факторов, как мощность нагрузки, номинальные токи срабатывания устройств защиты, рабочие частоты и величины сопротивлений, длины кабелей в системе, а также из соображений безопасности. Наибо-

лее желательный способ заземления на низких частотах это заземление всех цепей в одной точке.

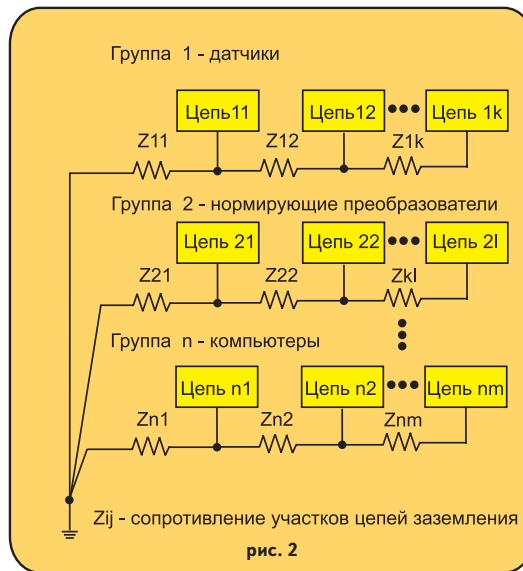
Существуют две основные топологии для создания заземления: последовательная и параллельная (рис.1).



При последовательном соединении заземляющих цепей наблюдается взаимное влияние возвратных токов питания на чувствительные входные цепи, вызываемое падением напряжения на конечном сопротивлении заземляющих проводов. Поэтому предпочтительнее использовать параллельную схему соединения цепей заземления. Однако, при большой длине проводов стоимость параллельной системы может оказаться весьма значительной, из-за чего приходится применять комбинированные топологии цепей заземления (рис.2).

Контурные в системах заземления возникают, когда

существуют несколько возвратных путей для тока или множество соединений в разных точках к системе заземления. Токи питания, текущие по проводам заземления, создают напряжения помех в измерительных цепях. Самый действенный способ избавиться от контура заземления - это разорвать гальваническую связь между датчиком и землей или входной измерительной цепью и землей. Изоляция двух цепей является универсальным решением. Наиболее популярны схемы с трансформаторной или оптической гальванической развязкой. В этом случае напряжение синфазной помехи прикладывается ко входам устройства, а паразитный ток значительно уменьшается, так как проходная емкость составляет единицы пикофарад. При необходимости связь между изолированными сторонами можно дополнительно уменьшить, используя разнесенные пары светодиод-фотодиод и оптоволоконные



кабели, что увеличит стоимость оборудования.

### Помеха общего вида

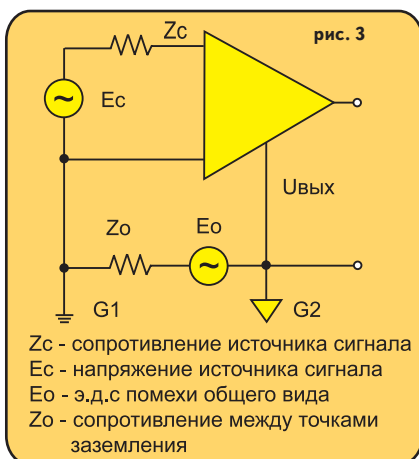
Напряжение помехи общего вида чаще всего является причиной искажения данных.

При использовании простых средств измерений типа карманного цифрового вольтметра с батарейным питанием, воздействие помех на показания прибора будут минимальны и с проведением измерений не возникает осложнений. Поэтому может возникнуть ощущение, что можно с успехом распространить такой подход к измерениям в системах сбора данных на основе ПК.

Однако в большинстве случаев получаются неудовлетворительные результаты. Прежде всего следует обращать внимание на следующие параметры измерительных устройств:

- максимальное входное напряжение или диапазон входных напряжений;
- максимально допустимое входное напряжение, при котором прибор сохраняет работоспособность;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей входного сигнала.

Напряжение помехи общего вида, которое одновременно синфазно воздействует на каждый из входов прибора относительно уровня земли питания, суммируется с информационным сигналом. В большинстве устройств сбора данных для ПК обеспечиваются качественные измерения при условии, когда сумма напряжения помехи и сигнала равна или меньше максимального входного напряжения. В этих условиях измерения могут быть выполнены в том случае, если вход устройства сбора данных сконфигурирован как дифференциальный (рис. 3).



Принимая последнее обстоятельство во внимание, приходим к таким возможным ситуациям.

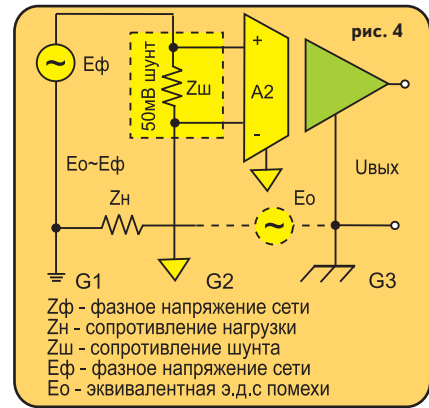
- Сумма напряжения помехи общего вида и сигнала меньше значения максимального входного напряжения. Это хорошие условия для измерений с учетом коэффициента ослабления синфазного входного сигнала.
- Сумма напряжений помехи и сигнала больше значения максимального входного напряжения, но не превышает значение максимально допустимого входного напряжения. Результаты измерения недостоверны, но прибор остается работоспособным.
- Сумма напряжений помехи и сигнала превышает значение максимально допустимого входного напряжения. В этой ситуации возможен выход из строя как устройства сбора данных, так и компьютера.

В большинстве компьютерных систем сбора данных максимально допустимое входное напряжение составляет  $\pm 30V$ . Как же тогда следует поступить, чтобы получить достоверный результат измерения и не допустить поломку оборудования? Надо выбрать устройство, в котором выполнена гальваническая развязка, т.е. имеется изоляция входных каскадов устройства. Изоляция обеспечивает развязку цепей между общей клеммой на входе прибора и "землей" питания, связанной с корпусами прибора или компьютера. Так как вход устройства оказывается изолированным, то его потенциал может "плавать" на уровне напряжения, определяемом величиной помехи. При этом сохраняется точность измерения и дорогостоящее оборудование не будет повреждено.

В этой ситуации допустимое значение напряжения помехи общего вида определяется напряжением, которое может выдержать изолирующий барьер. Например, у большинства модулей нормализаторов сигналов с гальванической развязкой компании Dataforth (США), пробой изолирующего барьера происходит при 1500V переменного тока или 2200V постоянного. Эти значения намного превышают уровни помех в промышленных условиях.

На рис. 4 приведен пример, когда гальваническая развязка позволяет выполнять измерения в присутствии высокого напряжения помехи общего вида.

В многоканальных системах гальваноразвязка может быть организована по принципу групповой раз-



вязки, а также возможны комбинированные варианты.

Поканальная (индивидуальная для каждого канала) гальваническая развязка позволяет входу каждого канала "плавать" относительно остальных. Помеха на первом канале, например, не будет искажать работу по другим каналам с совершенно другими уровнями помех. Руководствуясь принципом "каждому каналу - свою развязку", Вы никогда не столкнетесь с вышеописанными проблемами.

Но индивидуальная развязка удовольствие не из дешевых. В ряде случаев можно уменьшить затраты, используя устройства с групповой гальванической развязкой. Применение этого вида развязки возможно, если источники сигналов "находятся под одним потенциалом". Наличие помехи на одном канале воздействует на остальные каналы группы и создается угроза повреждения, если какой-либо другой канал находится под напряжением с другим уровнем помехи.

И последнее замечание. Не следует путать устройство, в котором организован дифференциальный вход, с устройством, в котором обеспечивается развязка. Это две разные характеристики устройства. Дифференциальный, но не развязанный вход, допускает только умеренное значение напряжения помехи. Это значение может оказаться даже ниже, чем при не дифференциальном подключении источников сигнала.

### Подавление помехи общего вида на постоянном токе

Если на вход устройства воздействует помеха, точность измерения уменьшается. Значение погрешности можно оценить по такой характеристике устройства как коэффициент подавления синфазной составляющей. Любое устройство с дифференциальным входом, развязанным или нет,

обеспечивает подавление помехи, определяемое коэффициентом ослабления синфазного сигнала, который обычно указывается в спецификации. Он обычно определяется как логарифм отношения сигнала на входе к выходному сигналу (в дБ). Этот коэффициент для большинства универсальных аналого-цифровых преобразователей составляет около 80дБ. Как эта величина влияет на точность измерения?

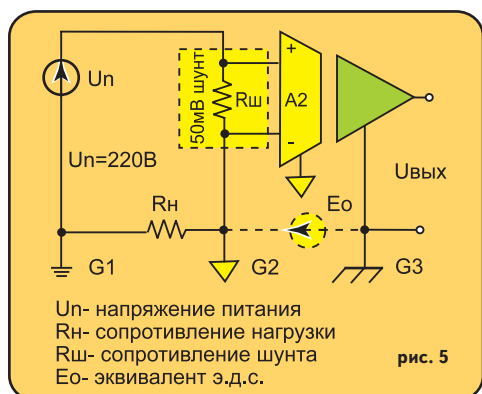
Приведем простой пример. Допустим, что измеряется входное напряжение постоянного тока величиной 3В в присутствии помехи с уровнем 6В. Предположим, что усиление нормальной составляющей сигнала не производится, т.е. коэффициент усиления равен 1, а коэффициент подавления помехи составляет 80дБ. Тогда напряжение помехи на выходе определится как:

$$U_{\text{вых помехи}} = 6\text{В} / 80\text{дБ} = 0,6 \text{ мВ}$$

При этом погрешность измерения составит 0,6 мВ/3В, т.е. 0,02%.

Такую точность измерения можно считать вполне достаточной для большинства задач в промышленности. В рассмотренном примере помеха общего вида вдвое превышает величину входного сигнала, а дифференциальный усилитель с коэффициентом ослабления синфазной составляющей 80 дБ снижает действие помехи на выход усилителя до долей милливольта, что незначительно влияет на точность.

Однако существуют ситуации, когда помехи даже такого ослабления может оказаться недостаточно (рис. 5).



В этом примере виртуальная аналоговая "Земля" G2 находится под плавающим потенциалом относительно выходной аналоговой "Земли" G3:

$$U_{\text{вх помехи общего вида}} = E_0 \approx U_n$$

$$U_{\text{вых помехи}} = 200\text{В} / 80\text{дБ} = 20 \text{ мВ}$$

Погрешность измерения будет на уровне 20мВ/50мВ, что соответствует 40% и это уже недопустимо.

Это типичная ситуация для многих промышленных измерений с помощью шунта. Так как величину помехи в этих случаях снизить не удастся, следует выбрать устройство с большим значением коэффициента ослабления синфазного сигнала, например 120дВ. Тогда:

$$U_{\text{вых}} = 200\text{В} / 120\text{дБ} = 0,2 \text{ мВ}$$

Погрешность измерения составит 0,2мВ/50мВ, т.е. 0,04%

*Не забывайте уточнять параметры приборов и устройств по спецификации изготовителя перед принятием решения об их применении!*

### Подавление синфазной помехи на переменном токе

Помехи общего вида на переменном токе распространены чаще, чем помехи на постоянном токе. Особенно, если поблизости включены такие непредсказуемые генераторы шума как щетки электродвигателей, индуктивные элементы и другие излучатели электромагнитного поля.

Рассмотрим как воздействует помеха на переменном токе на усилитель и точность измерения. Свойство усилителя подавлять помеху непосредственно связано с тем, насколько хорошо его два входа сбалансированы. На переменном токе появляются дополнительные погрешности. Всею виной емкости входных цепей, которые формируют непредсказуемый и комплексный характер входного сопротивления. Степень разбаланса зависит от частоты входного сигнала. Для учета этих особенностей многие производители нормируют коэффициент ослабления синфазной составляющей для условий, отличных от постоянного тока. Обычно спецификации даются для частот 50 или 60 Гц при несогласованности входных сопротивлений в 1 кОм.

Легко определить, что устройство, рассчитанное на подавление синфазной составляющей в 100дБ, обеспечит меньший уровень подавления в присутствии более высокочастотного шума. Хотя изделие при этом будет функционировать в пределах технических требований, определен-

ных изготовителем.

Тем более трудно определить пригодность устройства в присутствии шума, который поступает, кроме того, и по шине питания. Следует иметь в виду, что в устройствах, предназначенных для подобных применений, не случайно предусматривают фильтрацию широкополосного входного сигнала еще на стадии разработки.

### Диапазон измерения и защита входов

В большинстве случаев при промышленных измерениях диапазон входного напряжения составляет от нескольких сотен вольт до нескольких десятков милливольт одновременно (например, при измерении токов).

Если входной диапазон составляет десятки милливольт, следует предусмотреть защиту входов от высокого напряжения. Типичная входная защита рассчитана на перегрузку в соответствии со значением максимально допустимого входного напряжения, уровень которого определяется независимо от номинального диапазона измерений.

А что произойдет, если максимально допустимое входное напряжение превышено? Неизбежна поломка устройства, затраты на ремонт и простой оборудования.

Существует много типов входных защит. Но ни один из них не может абсолютно или полностью предохранить изделие от выхода из строя. Но повреждения могут быть сведены к минимуму при использовании устройств, рассчитанных как на высоковольтные дифференциальные переходные процессы (например, определенные ANSI, ИИЭР СЗ.90.1-1989), так и на высокие напряжения синфазного сигнала.

**Статья подготовлена по материалам компании Dataforth Corporation, США.**

**КОНТАКТЫ:**  
т. (044) 241-87-37, 241-67-54  
e-mail: info@holit.com.ua