



**ОТДЕЛЕНИЕ INDUSTRIAL MONITORING
INSTRUMENTATION**

ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МАШИН

**Руководство по эксплуатации
пьезоэлектрических акселерометров ICP[©]**

**Руководство по эксплуатации с гарантийной
информацией**

3425 Walden Avenue, Depew, New York 14043-2495

Телефон (716) 684-0003

Факс (716) 684-3823

Телефон в Москве (495) 638-0753

Номер для бесплатных переговоров по междугородной телефонной линии 1-800-959-4IMI

НОМЕР РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ: 18405

РЕДАКЦИИ РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ: №

Общее РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ICP®

ВКЛЮЧЕНЫ СПРАВОЧНЫЙ ЛИСТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, СХЕМА УСТАНОВКИ
И ИНФОРМАЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО КАЛИБРОВКИ

ОТДЕЛЕНИЕ IMI НЕ БЕРЕТ НА СЕБЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ДАННЫМ ИЗДЕЛИЕМ В
РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕДУР, КОТОРЫЕ НЕСОВМЕСТИМЫ С ДАННЫМ РУКОВОДСТВОМ

1.0. ВВЕДЕНИЕ

Примите наши поздравления с покупкой высококачественного датчика промышленного назначения ICP®. Для обеспечения наивысшего уровня рабочих характеристик этого изделия необходимо, чтобы Вы ознакомились с методами корректной установки и монтажа до того, как пытаться эксплуатировать этот прибор. Если после прочтения этого руководства у Вас будут дополнительные вопросы относительно этого датчика или его применения, звоните по бесплатной телефонной линии специалисту по применению, номер телефона **716-684-0003** или **800-959-4464**.

Для выбора нужного датчика требуется уделять особое внимание трем основным обстоятельствам: конструкции датчика, ожидаемым динамическим характеристикам в месте установки и самому месту применения.

Конструкция датчика включает собственно чувствительный элемент, материал и выбор компонента для датчика. Предпочтительные акселерометры промышленного назначения используют чувствительный элемент сдвигового типа на кварцевом или керамическом кристалле.

Кварцевые чувствительные элементы в типовом случае используются, когда хотят иметь долговременную стабильность и минимальные выходные смещения вследствие температурных изменений. Керамические чувствительные элементы обеспечивают прекрасное разрешение и долговечность в зашумленных внешних условиях и могут предназначаться для низко- и высокочастотных измерений. Предпочтение отдается датчикам сдвигового типа вследствие присущей им нечувствительности к неблагоприятным влияниям внешней среды, таким как механическое напряжение, воздействующее на корпус или основание и перепады температуры. Внутренняя изоляция корпуса и экранировка важны для предотвращения возникновения ошибочных сигналов в результате воздействия контуров заземления и наводки электромагнитных и радиочастотных помех. Другими имеющими важное значение критериями выбора материала является использование корпуса из немагнитной нержавеющей стали, использование герметичного уплотнения и соединителей промышленного назначения, удовлетворяющих требованиям военных стандартов. См. рис. 1.

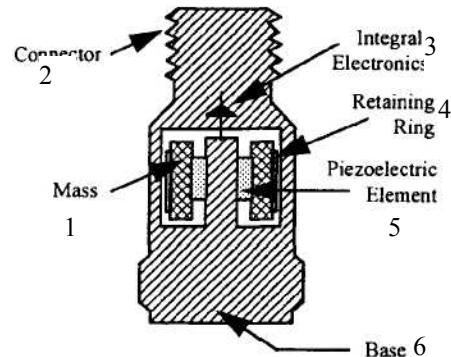


Рис. 1. Типовой работающий на сдвиговых колебаниях ICP® акселерометр:

1 – масса; 2 – соединитель; 3 – встроенные электронные схемы; 4 – стопорное кольцо; 5 – пьезоэлектрический элемент; 6 - основание

Ожидаемые динамические характеристики зависят от применения и включают частотный диапазон измерения и ожидаемые амплитуды вибрации. После внимательного изучения оборудования для контроля можно установить минимальную и максимальную частоты измерения. Минимальная частота измерения обычно имеет отношение к любым субгармоникам рабочей частоты вращения или к любым низким частотам, когда должны собираться в данные вибрации. Максимальная частота измерения определяется максимальным числом высших гармоник для рабочей частоты вращения, частоты подшипников или шестеренной пары. Такой частотный диапазон измерения должен находиться в пределах оговоренного в технических характеристиках частотного диапазона датчика.

Амплитудный диапазон относится к ожидаемым уровням вибрации для измерения. Соответствующие значения связываются с уровнями тревожной сигнализации, устанавливаемыми для оборудования. Путем тщательной оценки индивидуальных отличительных особенностей оборудования инженер технического обслуживания по текущему состоянию, основанному на прогнозировании запаса надежности, может оценить минимальные ожидаемые уровни вибрации и обеспечить, чтобы уровень собственных электрических шумов акселерометра был меньше таких ожидаемых уровней.

Внешние условия имеют решающее значение во время внедрения программы измерения. Выбранный датчик должен быть в состоянии сохранять работоспособность в широком диапазоне внешних условий, которые воздействуют на него; поэтому имейте достаточно времени для оценки потенциально возможных внешних условий, таких как высокие температуры и наличие химических загрязнений. Заданный температурный диапазон датчика должен соответствовать флуктуациям температуры окружающей среды. Если присутствуют едкие промышленные химикаты, требуется герметическое уплотнение датчика и конструкция, которая противостоит коррозии. Наконец, должна учитываться возможность повреждения кабеля и датчика в конкретном месте размещения датчика.

2.0. ICP®-АКСЕЛЕРОМЕТРЫ

К данному руководству по эксплуатации прикладывается лист с техническими характеристиками, в котором приводятся полные данные конкретного акселерометра.

Все ICP®-датчики для своей корректной работы требуют источника питания постоянного тока.

Типовая датчиковая система включает в себя ICP®-датчик, обычно двухпроводный кабель и источник питания постоянного тока, как показано на рис. 2.

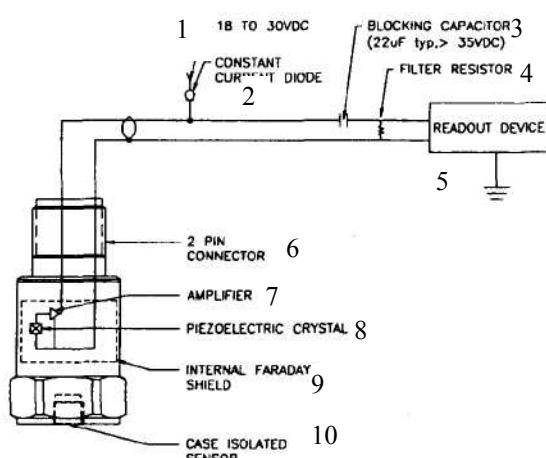


Рис. 2. Типовая ICP®-датчиковая система:

1 – от 1 до 30 В постоянного тока; 2 –диод стабилизации тока; 3 –разделительный конденсатор (типовое значение 22 мкФ, >35 В постоянного тока); 4 –сопротивление фильтра; 5 –измерительный прибор; 6 –2-контактный соединитель; 7 –усилитель; 8 –пьезоэлектрический кристалл; 9 –клетка Фарадея; 10 –датчик изоляции корпуса

Преобразователь сигналов состоит из стабилизированного источника питания напряжением 18...30 В постоянного тока (батарейного или сетевого), диода стабилизации тока (или эквивалентной схемы постоянного тока), и конденсатора для развязки (задержки напряжения смещения) сигнала.

Упомянутый прибор стабилизации тока используется вместо резистора по нескольким причинам. Очень высокое динамическое сопротивление диода дает коэффициент усиления истокового повторителя, который очень близок к единице и не зависит от входного напряжения. Кроме того, диод можно заменить для обеспечения больших значений тока для возбуждения кабеля большей протяженности. В преобразователях ICP®-сигналов должны использоваться диоды постоянного тока, как показывается на рис. 3. (Корректная ориентация диода в схеме имеет решающее значение для **должной работы**). За исключением специальных моделей, стандартные ICP®-датчики для **должной работы** требуют минимум 2 мА.

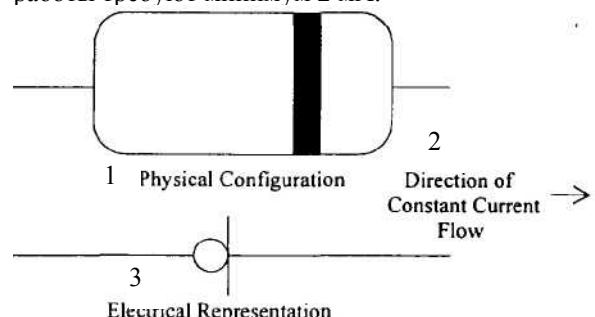


Рис. 3. Диод постоянного тока:

1 – физическая конфигурация; 2 – направление протекания постоянного тока; 3 – эквивалентная электрическая схема

Типовое предельное значение для диода такого типа составляет максимум 4 мА; однако несколько диодов можно включить параллельно для больших уровней тока. Все преобразователи сигналов с сетевым питанием должны вместо диодов использовать схемы постоянного тока (ток до 20 мА), особенно при возбуждении протяженных кабелей (см. раздел 5).

Развязка сигнала данных осуществляется в выходном каскаде преобразователя сигналов. Конденсатор емкостью от 10 до 30 мкФ совместно с резистором сдвигают уровень сигнала для удаления напряжения смещения датчика. Результатом является работа в режиме переменного тока без дрейфа.

3.0. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В дополнение к стандартным особенностям имеются также несколько дополнительных особенностей. До номера модели ставятся следующие буквы префикса, указывающие на то, что датчик изготовлен или поставлен с дополнительными особенностями:

CS – датчик, одобренный Канадской ассоциацией стандартов

D – неработающий датчик для демонстрационных целей

EX - датчик, одобренный организацией Cenelec

FM – одобренный на заводе датчик

HT – высокотемпературный акселерометр (325 °F)

LB – электронные схемы с низким смещением

LC – датчик с ограниченным объемом калибровки (одноточечная калибровка)

LP – фильтр низких частот

M – размеры монтажных средств и длина кабеля в метрических единицах

U – работающий демонстрационный датчик (не удовлетворяет одному или нескольким второстепенным требованиям)

VO – датчики с выходным сигналом скорости

MS – датчики, разрешенные по параметрам безопасности для работы на шахте

TO – датчик с выходным сигналом температуры

Примечание: Не все датчики имеют дополнительные префиксы. Свяжитесь с заводом-изготовителем для обсуждения особенностей, которые могут понадобиться.

4.0. УСТАНОВКА

При выборе метода монтажа учитывайте преимущества и недостатки каждого метода. Чрезвычайно важное значение имеют место размещения, жесткость, амплитудный диапазон, доступ, температура и портативность. Однако наиболее важным и часто пренебрегаемым является воздействие метода монтажа на высокочастотный диапазон акселерометра.

На рис. 4 показываются шесть возможных методов монтажа и их воздействие на работу типового пьезоэлектрического акселерометра (**Примечание: Не все методы монтажа могут подходить для вашего конкретного датчика**).

Конфигурации монтажа и соответствующие графики демонстрируют, какое воздействие на высокочастотную характеристику может оказывать добавление массы и/или снижение жесткости.

Примечание: Метод монтажа не оказывает воздействия на низкочастотную характеристику. Спад амплитудно-частотной характеристики в типовом случае фиксируется встроенной электроникой. Однако при работе преобразователей сигналов со связью по переменному току совместно с устройствами снятия показаний, имеющими входной импеданс, который меньше одного мегома, может оказываться воздействие на низкочастотный диапазон.

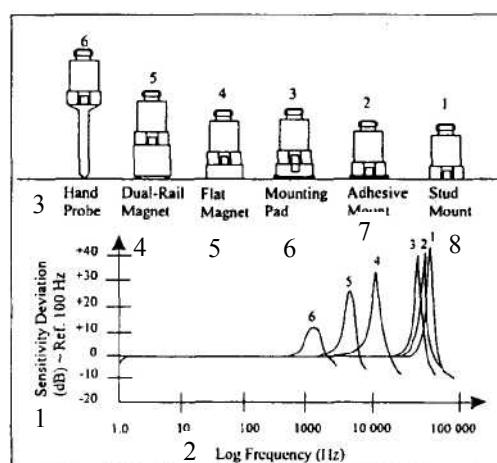


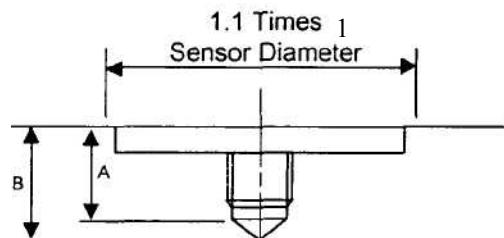
Рис. 4. Конфигурации монтажа и их воздействие на высокую частоту:

1 – отклонение чувствительности, дБ – относительно чувствительности на частоте 100 Гц; 2 – логарифм частоты, Гц; 3 – портативный датчик; 4 – магнит с двумя направляющими; 5 – плоский магнит; 6 – монтажная подушка; 7 – монтаж с помощью клея; 8 – монтаж на шпильке

4.1. СТАНДАРТНЫЙ МОНТАЖ НА ШПИЛЬКЕ

Для этого метода монтажа требуются плоские гладкие контактные поверхности для должной работы; он рекомендуется для постоянной и/или надежной установки. Монтаж на шпильке рекомендуется также, когда проводится тестирование на высоких частотах.

Примечание: НЕ пытайтесь выполнить монтаж на искривленной, шероховатой или неровной поверхности, поскольку потенциальная возможность неправильной ориентации и ограниченная контактная поверхность могут существенно снизить верхний частотный диапазон датчика.



	Шпилька 1/4-28	Невыпадающий винт 1/4-28
A (дюймы)	0,250	0,250
B (дюймы)	0,350	0,350
Момент затяжки (футо-фунты)	от 2 до 5	от 2 до 5

Рис. 5. Подготовка монтажной поверхности:

1 – 1,1 от диаметра датчика

ШАГ № 1: Сначала подготовьте гладкую, плоскую монтажную поверхность, а затем сделайте в центре этого участка монтажное отверстие с резьбой, как показано на рис. 5.

Рекомендуется прецизионно обработанная поверхность с максимальной высотой шероховатостей (0,00016 мм) (если невозможно таким образом подготовить поверхность на оборудовании, рассмотрите в качестве альтернативы возможность использования монтажной площадки на клею). Осмотрите участок, проверьте, чтобы на ней не было заусенец или инородных частиц, которые мешают контактной поверхности.

ШАГ № 2: Вытрите монтажную поверхность и нанесите тонкий слой консистентной смазки, масла или подобной им соединительной смазки для установки.

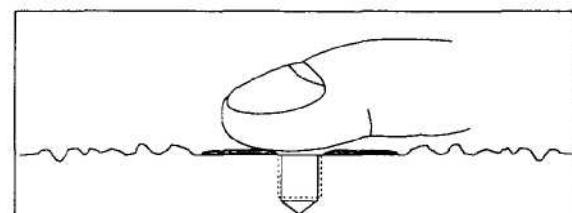


Рис. 6. Смазка монтажной поверхности

Использование соединительной смазки улучшает прохождение колебаний вибрации за счет заполнения небольших пустот в монтажной поверхности и повышает жесткость монтажа. Для квазипостоянного монтажа используйте вместо этого эпоксидный клей или клей другого типа.

ШАГ № 3: Вручную затяните датчик с монтажной шпилькой на поверхности оборудования, затем закрепите датчик с помощью гаечного ключа с ограничением по крутящему моменту с использованием рекомендованного момента (см. прикладываемый справочный листок с техническими характеристиками, чтобы узнать нужный момент).

Во время выполнения этого шага важно использовать гаечный ключ с ограничением по крутящему моменту. При недостаточной затяжке датчик может неадекватно прилегать поверхности, а слишком сильная затяжка может привести к выходу из строя шпильки и, возможно, к постоянному повреждению.

4.2. КЛЕЕВОЙ МОНТАЖ

Клеевой монтаж часто используется для временной установки или когда поверхность оборудования не может быть адекватно подготовлена для монтажа с использованием шпильки. Для временного монтажа хорошо подходят применяемый в горячем состоянии клей или парафин; более прочное соединение обеспечивают двухкомпонентный эпоксидный клей и быстро отвердевающие гели.

Примечание: Монтируемые с помощью клея датчики часто имеют пониженный высокочастотный диапазон. В общем случае гладкие поверхности и твердые клеи обеспечивают более хорошую амплитудно-частотную характеристику. Свяжитесь с заводом-изготовителем для получения рекомендации относительно применения эпоксидных kleев.

МЕТОД № 1 – КЛЕЕВОЙ МОНТАЖ ОСНОВАНИЯ

В этом методе используется присоединение основания к поверхности оборудования, а затем к такому основанию прикрепляется датчик. Это позволяет легко снимать акселерометр.

ШАГ № 1: Подготовьте гладкую, плоскую монтажную поверхность. Максимальная высота шероховатости после чистовой обработки не должна превышать 0,00016 мм.

ШАГ № 2: Прикрепите датчик с помощью шпильки к соответствующему монтажному основанию на клее в соответствии с инструкциями в шагах 2 и 3 процедуры монтажа на шпильке.

ШАГ № 3: Нанесите небольшое количество клея на нижнюю поверхность монтажного основания. Плотно прижмите его к монтажной поверхности, наблюдая за тем, как излишки клея выступают за пределы основания.

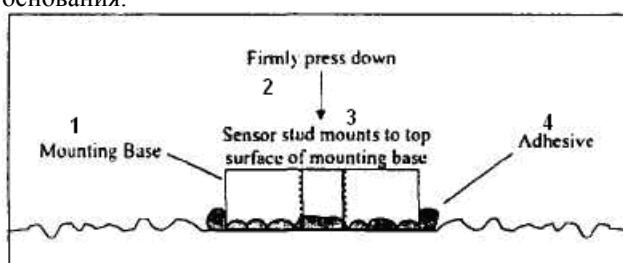


Рис. 7. Монтаж основания: установка на клею:

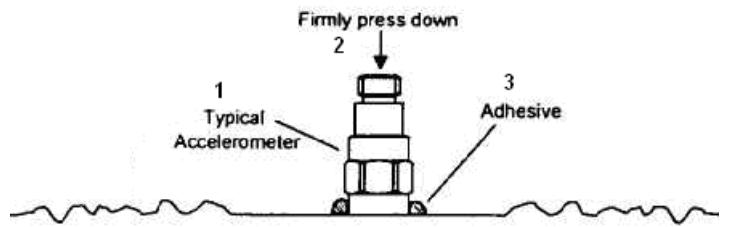
1 – монтажное основание; 2 – плотно прижмите; 3 – датчик монтируется на шпильке к поверхности монтажного основания; 4 – клей

МЕТОД № 2 – ПРЯМОЙ КЛЕЕВОЙ МОНТАЖ

В случае ограничений по свободному месту или по соображениям удобства большая часть датчиков (за исключением моделей с встроенными шпильками) могут монтироваться на клею непосредственно на поверхности оборудования.

ШАГ № 1: Подготовьте гладкую, плоскую монтажную поверхность. В общем случае максимальная высота неровностей после чистовой обработки не должна превышать 0,00016 мм.

ШАГ № 2: Нанесите небольшое количество клея на нижнюю поверхность датчика. Плотно прижмите к монтажной поверхности, наблюдая за тем, как излишки клея выступают за пределы основания. Обеспечьте, чтобы количество клея было достаточным, и датчик можно было снять с прикладыванием усилия.



8. Непосредственный клеевой монтаж:

1 – типовой акселерометр; 2 – плотно прижмите; 3 – клей

4.3. МОНТАЖ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТА

Магнитный монтаж является удобным средством для проведения передвижных измерений и обычно используется для контроля оборудования и других портативных применений и применений с установлением тренда изменения.

Примечание: Корректный выбор магнита и адекватная подготовленная монтажная поверхность имеют решающее значение для обеспечения достоверных измерений, в особенностях на высоких частотах. Некачественный монтаж может привести к 50%-ному снижению частотного диапазона датчика.

Не каждый магнит подходит для всех применений. Например, обычно используются редкоземельные магниты вследствие высокой прочности. Плоские магниты хорошо проявляют себя на гладких плоских поверхностях, в то время как для искривленных поверхностей требуются магниты на двух салазках. В случае немагнитных материалов или сильно шероховатых поверхностей рекомендуется, чтобы пользователь сначала к испытуемой поверхности приварил, приклеил с помощью эпоксидного или иного клея стальную монтажную пластину. Это обеспечит место под монтаж с гладкой поверхностью и получение воспроизводимых результатов измерений.

ШАГ № 1: После выбора магнита корректного типа осмотрите прибор, чтобы монтажные поверхности были плоскими и гладкими.

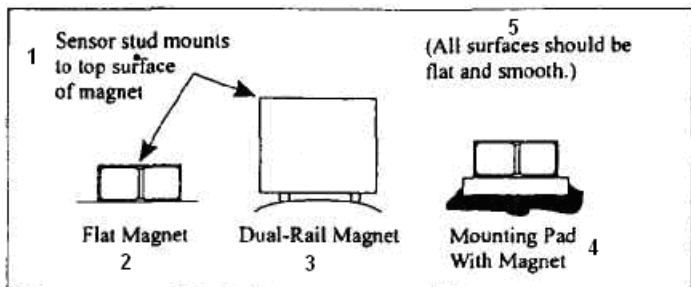


Рис. 9. Типы магнитов:

1 – монтаж датчика с помощью шпильки к верхней поверхности магнита; 2 – плоский магнит; 3 – магнит с двумя опорными салазками; 4 – монтажная пластина с магнитом; 5 – все поверхности должны быть плоскими и гладкими

ШАГ № 2: Прикрепите с помощью шпильки акселерометр к подходящему магниту в соответствии с инструкциями в шагах №№ 2 и 3 процедуры монтажа с использованием шпильки.

ШАГ № 3: Подготовьте гладкую, плоскую монтажную поверхность. Максимальная высота шероховатости после чистовой обработки не должна превышать 0,00016 мм. После очистки поверхности и проверки, чтобы на ней не было заусенец, нанесите тонкую пленку силиконовой консистентной смазки, машинного масла или соединительной смазки подобного им типа.

ШАГ № 4: Смонтируйте узел в составе магнита/датчика на подготовленной поверхности путем аккуратного «покачивания» или «перемещения» на место.

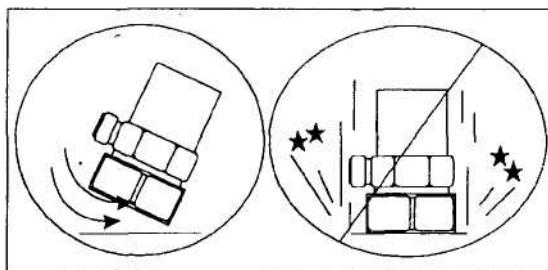


Рис. 10. Монтаж с использованием магнита

Примечание: При небрежном монтаже акселерометров с использованием магнитов появляется потенциальная возможность возникновения очень больших (и очень опасных) уровней g. Для предотвращения повреждения устанавливайте узел с соблюдением мер предосторожности. Если вы не уверены в корректности монтажа, пожалуйста, свяжитесь с заводом-изготовителем.

4.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНОГО ДАТЧИКА ИЛИ МОНТАЖ ДАТЧИКОВОГО НАКОНЕЧНИКА

Этот метод НЕ рекомендуется для большей части применений. Он в общем случае используется тогда, когда доступ к оборудованию может быть связан с ограничениями по правилам безопасности. Вызывают сомнения точность и воспроизводимость в низкочастотном (<5 Гц) и высокочастотном (>1 кГц) диапазонах.

5.0. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ

Выбор соединителей и кабелей имеет непосредственное воздействие на жесткость и надежность установки датчика. Необходимо учитывать способ прикрепления концов проводов кабелей к соединителям.

ICP®-акселерометры являются двухпроводными акселерометрами со встроенными усилителями. Подсоединения к датчику требуют использования двух проводников: одного для питания и для сигнала и другого для использования в качестве общего провода и обратного провода для сигнала. Часто используются коаксиальные кабели, поскольку нужно иметь всего лишь два проводника. Коаксиальные кабели имеют низкую стоимость. Однако при использовании коаксиальных кабелей в датчиковую систему могут вводиться ошибочные сигналы по контурам заземления, электромагнитные помехи или радиочастотные помехи (EMI или RFI). Для предотвращения возникновения контуров заземления в системе должно быть лишь одно заземление.

Для постоянных установок рекомендуется, чтобы датчик был изолирован от корпуса, а внутри конструкции в виде сдвоенного корпуса имелся экран, а также, чтобы использовались двухпроводные экранированные кабели для обеспечения свободной от помех передачи сигнала вибрации. Двухпроводные экранированные кабели позволяют полностью экранировать сигнал и общий провод возврата сигнала на пути от датчика к измерительному прибору. Для обеспечения того, чтобы не вносились сигналы от контура заземления, экран должен заземляться лишь на одном своем конце. В типовом случае экран двухпроводного экранированного кабеля остается разомкнутым или не подсоединенном на стороне датчика и подсоединяется к заземлению на стороне измерительного прибора.

Работа с использованием длинных кабелей может оказывать воздействие на частотную характеристику ICP®-акселерометров и вносить низкочастотный шум и высокочастотные искажения, когда ток в кабеле недостаточен для возбуждения емкости кабеля.

В отличие от систем с режимом заряда, в которых системный шум является функцией длины кабеля, ICP®-датчики обеспечивают высоковольтный низкоимпедансный выход, что хорошо подходит для возбуждения длинных кабелей в неблагоприятных внешних условиях. Хотя в случае ICP®-датчиков практически нет увеличения шумов, емкостная нагрузка длинного кабеля может искажить или отфильтровать высокочастотные сигналы, что зависит от тока питания и выходного импеданса датчика.

В общем случае, такое искажение сигнала не является проблемой для низкочастотного тестирования в пределах диапазона до 1000 Гц. Однако при контроле высокочастотных вибраций с передачей сигналов по кабелям длиной свыше 500 футов существует возможность искажения сигналов.

Максимальная частота, которая может передаваться по кабелю заданной длины, является функцией емкости кабеля и отношения пикового напряжения сигнала к току от преобразователя сигналов в соответствии со следующим выражением:

$$f_{\max} = 10^9 / (2\pi CV/[L_c - 1]) \text{ , (Уравнение 1)}$$

где, f_{\max} = максимальная частота, герцы

C = емкость кабеля (пикофарады)

V = максимальное пиковое выходное значение напряжения от датчика, вольты

L_c = постоянный ток от преобразователя сигналов, мА

10^9 = масштабный коэффициент для единиц измерения

Обратите внимание на то, что в этом выражении 1 мА вычитается из общего тока, подводимому к датчику (L_c). Это делается для компенсации тока для питания встроенных электронных схем. Кроме того, обратите также внимание на то, что здесь приводятся лишь типовые значения.

При возбуждении длинных кабелей уравнение 1 показывает, что при увеличении длины кабеля, пикового значения выходного напряжения или максимальной частоты потребуется больший по величине постоянный ток для возбуждения сигнала.

Номограмма на странице 11 данного руководства предоставляет простой графический метод получения ожидаемой максимальной частоты системы измерения с использованием ICP®-датчика. Должны быть известны максимальная пиковая амплитуда сигнала, емкость кабеля и подводимый постоянный ток питания.

Например, при работе с 30,5-м кабелем емкостью 30 пФ/фут общая емкость составляет 3000 пФ. Эту величину можно найти вдоль диагональных линий емкости кабеля. Если предположить, что датчик работает с максимальным выходным диапазоном 5 В и что от источника питания поступает постоянный ток 2 мА, можно рассчитать, что отношение на вертикальной оси равно 5. Пересечение общей емкости кабеля и такого отношения дает в результате максимальную частоту, примерно равную 10,2 кГц.

Эта номограмма не указывает, является ли в какой-либо точке амплитудно-частотная характеристика плоской, возрастает или спадает. В качестве меры предосторожности обычной практикой является увеличение постоянного тока (если это возможно) к датчику (в пределах диапазона до предельно допустимого значения), чтобы частота, определяемая из номограммы, была в 1,5...2 раза больше требуемой максимальной частоты.

Примечание: Более высокие уровни тока будут сокращать срок службы батареек питания преобразователя сигналов. Кроме того, любой ток, который не используется кабелем, поступает непосредственно для питания встроенных электронных схем и будет создавать тепло. Это может привести к тому, что датчик выйдет за пределы указанного в технических характеристиках интервала рабочих температур. По этой причине не подавайте чрезмерно большой ток по кабелям малой протяженности и при проведении тестирования на повышенной температуре.

5.1. ПРОЦЕДУРА ПОДСОЕДИНЕНИЯ КАБЕЛЬНОГО РАЗЪЕМА

Необходимо быть внимательным и соблюдать осторожность при подсоединении кабеля к его разъему, поскольку это определяет точность Вашей системы.

ШАГ № 1: Убедитесь в том, что Вы заказали кабель корректного типа.

Как и в случае датчиков, никакой один кабель не может удовлетворить всем применением. Специальный малошумящий кабель должен быть использован с малоимпедансными приборами, имеющими на выходе зарядовый сигнал. ICP®-датчик обычно работает с любым обычным двухпроводным кабелем. Для промышленных применений часто требуются скрученные/экранированные кабели для снижения эффектов электромагнитных и радиочастотных помех (EMI и RFI). Для работы в агрессивной внешней среде может оказаться необходимым использование кабелей с тефлоновой оболочкой (из политетрафторэтилена, или фторопласта-4).

ШАГ № 2: Подсоедините кабель к акселерометру. Небольшое количество компаунда, нанесенного на резьбу разъема перед его подсоединением, помогает закрепить кабель по время тестирования. В случае неблагоприятных внешних условий соединение можно уплотнить с помощью кремнийорганического каучука, кольцевых уплотнений и гибкой термоусаживающейся трубки.

ШАГ № 3: Введите кабельный разъем в соответствующую часть разъема датчика. Затем, удерживая датчик в неподвижном состоянии, закрепите разъем путем затяжки резьбовой кабельной муфты.

ШАГ № 4: Проложите кабель к преобразователю сигналов, не допуская возникновения механических напряжений и минимизируя его перемещение с помощью закрепления кабеля через регулярные интервалы.

Для предотвращения физического повреждения и минимизации электрического шума следует руководствоваться здравым смыслом. Например, избегайте прокладывать кабель вблизи высоковольтных проводов. Не прокладывайте кабели вдоль дверей или проходов, где на них могут наступить или они будут загрязняться. У экранированных кабелей экран должен заземляться лишь с одного своего конца, обычно со стороны измерительного прибора.

ШАГ № 5: В заключение, подсоедините другой конец кабеля к преобразователю сигналов или к измерительному прибору. Для стекания заряда, который может накопиться в кабеле, закоротите сигнальный провод на заземление перед подсоединением кабеля к ответной части разъема на преобразователе сигналов.

6.0. ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ

Дляальной работы всех ICP®-датчиков требуется постоянный ток возбуждения. По этой причине используйте лишь IMI-преобразователи сигналов постоянного тока или другие разрешенные к применению источники постоянного тока. Типовая схема системы показана на рис. 11.

Примечание: Гарантия НЕ покрывает повреждение встроенных электронных схем вследствие подвода некорректного напряжения питания или использования не рекомендованного источника питания.

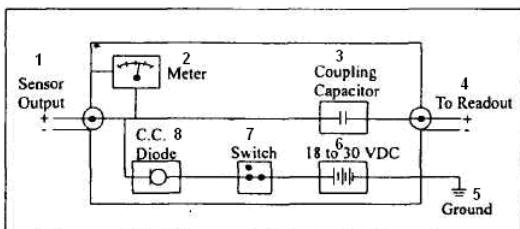


Рис. 11. Типовая структурная схема системы:

1 – выход датчика; 2 – стрелочный измерительный прибор; 3 – конденсатор связи (разделительный конденсатор); 4 – к устройству для снятия показаний; 5 – заземление; 6 – от 18 до 30 В постоянного тока; 7 – коммутатор; 8 – диод постоянного тока

Источник питания является источником стабилизированного напряжения 18 ... 30 В постоянного тока. В общем случае батарейное питание позволяет выполнять измерения с использованием портативной аппаратуры и с получением низкого уровня шумов, а питание от сети позволяет выполнять непрерывный контроль. Напряжение питания стабилизируется ограничивающей ток схемой, которая обеспечивает возбуждение постоянным током, требуемым для должной работы ICP®-датчиков.

Примечание: Ни при каких обстоятельствах напряжение, подаваемое на ICP®-акселерометр, не должно подводиться без использования токостабилизирующего диода или эквивалентной ему электрической цепи.

Стрелочные измерительные приборы или СИД используются для контроля напряжения смещения в выходном сигнале датчика с целью проверки работы датчика и обнаружения дефекта в кабеле. Обычно показание в желтом секторе шкалы свидетельствует об обрыве в цепи, в зеленом секторе – о нормальной работе, в красном секторе – о коротком замыкании или состоянии малого смещения. Наконец, конденсатор в выходном каскаде прибора служит для того, чтобы напряжение смещения в выходном сигнале датчика не проходило к измерительному прибору. Это обеспечивает выход по переменному току с нулевым смещением, совместимый с большей частью стандартных измерительных приборов.

Примечание: в случае аппаратуры с малым смещением может быть показание в красном секторе, когда они работают должным образом. Проверьте напряжение смещения с помощью цифрового мультиметра.

В настоящее время многие БФТ-преобразователи, модули сбора сигналов и центры сбора данных имеют возбуждение по постоянному току для непосредственного использования с ICP®-датчиками. Однако перед использованием этой их особенности проверьте, чтобы напряжение питания и постоянный ток были адекватными для использования с Вашим датчиком (обратитесь к прикладываемому листку справочных технических характеристик). Пожалуйста, связывайтесь с изготовителем соответствующего преобразователя сигналов или обращайтесь к руководству по эксплуатации изделия для получения более подробной информации.

7.0. ЭКСПЛУАТАЦИЯ

После завершения настройки системы включите преобразователь сигналов и дайте датчику получить его электропитание. Если используется IMI-преобразователь сигналов батарейного питания, стрелка стрелочного измерительного прибора (или СИД) в преобразователе сигналов должна находиться в зеленом секторе. Это указывает на должную работу,

и пользователь может приступать к измерениям. Если индицируется состояние отказа, сначала проверьте все соединители системы, затем проверьте функционирование кабеля и преобразователя сигналов. Если система остается в неработоспособном состоянии, проконсультируйтесь со специалистом по применению компании IMI.

Примечание: Акселерометр всегда должен эксплуатироваться в пределах предельных значений, перечисленных в прилагаемом *справочном листке технических характеристик*. Работа этого прибора вне указанных параметров может привести к временному или постоянному повреждению датчика.

8.0. КАЛИБРОВКА (ПОВЕРКА) АКСЕЛЕРОМЕТРА

Примечание: Целесообразно до и после измерения проверять работу каждого акселерометра с помощью портативного вибратора или другого калибровочного прибора. Портативный вибратор компании IMI работает на фиксированной частоте и с известной амплитудой (1,0 g) для обеспечения быстрой проверки чувствительности датчика.

Акселерометры являются прецизионными измерительными приборами. Они предназначаются для предоставления точных электрических сигналов, представляющих контролируемую вибрацию. Каждый датчик калибруется путем сопоставления с известным уровнем вибрации. Некоторые калибровки включают проверку амплитудно-частотных характеристик, измерения резонансной частоты, проверку поперечной чувствительности и многие другие полезные испытания. Применения для получения высокой степени точности или для аттестации и проверки средств измерений по национальным эталонам требуют результатов испытаний, соответствующих полной калибровке. На рис. 12 показывается типовой поверочный сертификат.

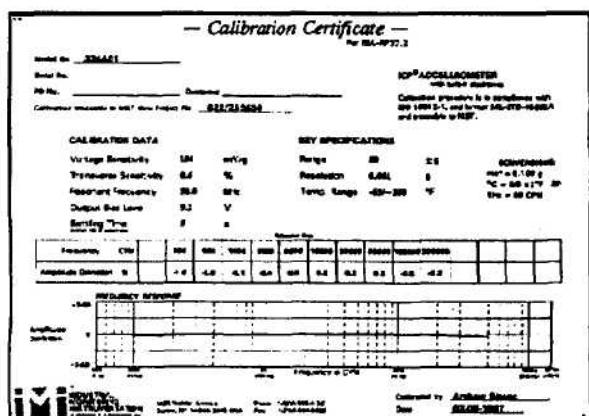


Рис. 12. Типовой поверочный сертификат

Некоторые применения предъявляют менее строгие требования к поверочной сертификации. Могут оказаться достаточными простые измерения чувствительности на одной частоте; проверка работы и сертификаты соответствия опубликованным техническим характеристикам могут удовлетворить потребности многих калибровок на заводе. Упрощение требований к заключительной калибровке снижает стоимость изготовления датчика и должно снижать стоимость для пользователей технического обслуживания по текущему состоянию, основанному на прогнозировании запаса надежности.

На заводах со строгими требованиями к сертификации и к проверке средств измерений по национальным эталонам могут потребоваться периодические повторные калибровки. Всегда рекомендуется, чтобы пользователь периодически выполнял повторную калибровку датчика, в особенности если датчик подвергался воздействию очень высокой ударной нагрузке или экстремальным значениям температуры в течение продолжительных интервалов времени. Некоторые заводы разработали и имеют калибровочные стены для периодической проверки работы акселерометров. Имеются изделия, которые обеспечивают получение уровня ускорения 1 g на фиксированной частоте для быстрой проверки датчика.

По этим причинам рекомендуется, чтобы для каждого акселерометра устанавливался календарный график проведения повторной калибровки. Такой календарный график для акселерометра является уникальным и основывается на нескольких факторах, таких как интенсивность использования, внешние условия, требования к точности, информации о тренде изменения характеристик, получаемой из отчетов о предшествующих калибровках, контрактные обязательства, частота «перекрестных проверок» с использованием другой аппаратуры, рекомендации изготовителя и любой риск, ассоциируемый с некорректными показаниями. Международные стандарты, такие как ISO 10012-1, предоставляют рекомендуемые методы для определения интервалов между повторными калибровками для большей части измерительной аппаратуры. Учитывая изложенную выше информацию для «нормальных» условий компания IMI рекомендует, чтобы для большей части пьезоэлектрических акселерометров цикл повторной калибровки составлял от 12 до 24 месяцев.

8.1. ПОВТОРНАЯ КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА

Услуги по повторной калибровке акселерометров в типовом случае оказывает принадлежащая компании IMI метрологическая лаборатория (имеются также и другие международные и частные лаборатории). Лаборатория компании IMI, сертифицированная согласно ISO 9001, соответствует требованиям стандарта ISO 10012-1 (и более старого военного стандарта MIL-STD-45662A) и использует аппаратуру, проверяемую по эталонам Национального института стандартов и технологий США (NIST). Это обеспечивает точную калибровку соответствующих технических характеристик.

Ниже представлены сведения относительно калибровки с использованием замкнутого контура, обычно применяемой при калибровке акселерометров. Такой метод обеспечивает быстрое и простое определение чувствительности испытуемого акселерометра в широком частотном диапазоне.

8.2. ТЕОРИЯ КАЛИБРОВКИ ПО МЕТОДУ МОНТАЖА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ «СПИНА К СПИНЕ»

Калибровка по методу монтажа акселерометров «спина к спине» (или встречно-параллельное включение) наиболее часто используется для определения чувствительности пьезоэлектрических акселерометров. Этот метод основывается на простом сравнении с ранее откалиброванным акселерометром, в типовом случае называемым опорным стандартным акселерометром, как показано на рис. 13.

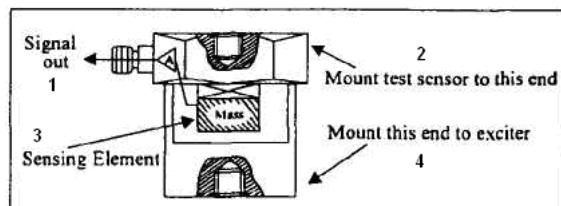


Рис. 13. Опорный стандартный акселерометр:

1 – выход сигнала; 2 – монтируйте испытуемый акселерометр к этому концу; 3 – чувствительный элемент; 4 – монтируйте этот конец к возбудителю

Эти высокочастотные приборы, которые непосредственно поверяются в лаборатории по признанным стандартам, предназначаются для обеспечения устойчивого положения; они также конфигурированы для того, чтобы воспринимать сигнал проверяемого акселерометра. Путем монтажа проверяемого акселерометра к опорному стандартному акселерометру с последующим подсоединением такой комбинации к подходящему источнику вибрации можно вводить в вибрацию оба прибора и сравнивать данные, как показано на рис. 14. (Испытательные установки могут быть автоматизированы и изменены в зависимости от типа и числа калибруемых акселерометров).

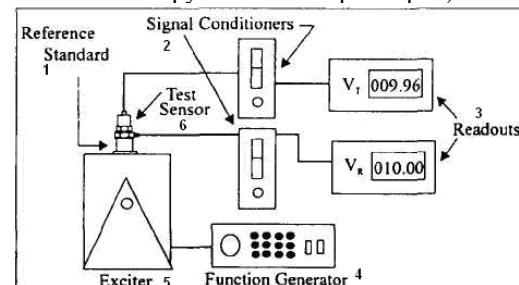


Рис. 14. Типовая система калибровки по методу монтажа акселерометров «спина к спине»:

1 – опорный стандартный акселерометр; 2 – преобразователи сигналов; 3 – показания; 4 – генератор функций; 5 – возбудитель; 6 – испытуемый датчик

Поскольку на оба датчика воздействует одно и то же ускорение, отношение их выходов (V_T/V_R) должно быть также отношением их значений чувствительности. При известной чувствительности опорного стандартного акселерометра (S_R) легко рассчитать точную чувствительность испытуемого датчика (S_T) при использовании следующего выражения:

$$S_T = S_R (V_T/V_R)$$

Путем изменения частоты вибрации датчик можно калибровать в пределах полного рабочего частотного диапазона. Типовая амплитудно-частотная характеристика акселерометра без использования фильтра показана на рис. 15.

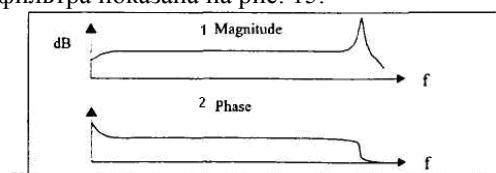


Рис. 15. Типовая амплитудно-частотная характеристика испытуемого акселерометра:

1 – величина (амплитуда); 2 - фаза

9.0. НАХОЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Пьезоэлектрические датчики являются динамическими измерительными приборами. Они используют пьезоэлектрические чувствительные элементы для преобразования механического явления в электрический сигнал. Механическим параметром могут быть сила, давление или вибрация. Необработанный электрический сигнал с пьезоэлектрического зарядового элемента является высокомпедансным сигналом. Этот зарядовый сигнал обычно преобразовывается в низкомпедансный сигнал напряжения либо внешним электрометрическим усилителем, либо внешним усилителем напряжения. Кабели между зарядовым датчиком и усилителем должны быть высококачественными кабелями с низким уровнем шума и должны быть как можно короче. На рис. 16 показывается типовая высокомпедансная система.

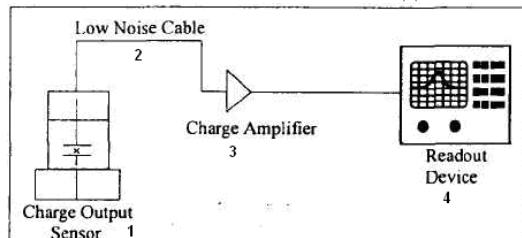


Рис. 16. Подсоединения в высокомпедансной системе:

1 – датчик с зарядовым выходным сигналом; 2 – кабель с низким уровнем шумов; 3 – зарядовый (электрометрический) усилитель; 4 – устройство для снятия показаний

Датчики со встроенным усилителем, или ICP®-датчики используют миниатюрные усилители для преобразования высокомпедансного зарядового сигнала в низкомпедансный сигнал напряжения. Такие усилители находятся внутри датчиков и поэтому для них не требуются кабели с низкими уровнями шумов или внешние усилители. Такие усилители имеют уставки коэффициента усиления, поэтому значения чувствительности являются стандартизованными

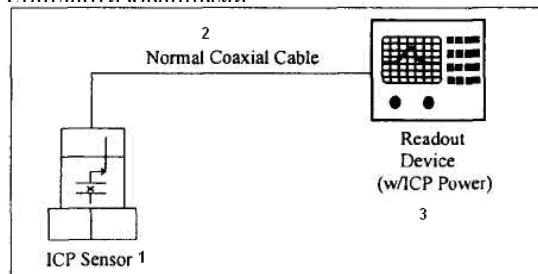


Рис. 17. Подсоединения для системы с ICP®-датчиком:
1 – ICP®-датчик; 2 – обычный коаксиальный кабель; 3 – устройство для снятия показаний (подводится также напряжение питания ICP®-датчика)

ICP®-датчики являются двухпроводными датчиками. Питание их осуществляется с помощью источника напряжения постоянного тока напряжением от 18 до 30 В постоянного тока, причем ток находится в пределах между 2 и 20 мА. Типовой ток при батарейном питании для увеличения срока службы батареек составляет 2 мА, а для систем непрерывного контроля требуется ток большего уровня для возбуждения кабелей большей протяженности. На рис. 17 показана схема типовой системы с ICP®-датчиком.

Сигнал на выходе ICP®-датчика является низкомпедансным напряжением, пропорциональным результату динамического измерения силы, давления или вибрации. Такой сигнал накладывается на напряжение смещения постоянного тока. Динамический сигнал переменного тока накладывается на напряжение смещения постоянного тока и позволяет иметь напряжение с размахом между напряжением источника питания и заземлением, как показано на рис. 18. В отличие от операционного усилителя (Op Amp), для которого требуется напряжение со знаком плюс и минус и который позволяет сигналу изменяться между максимальными значениями положительной и отрицательной полярности, для ICP®-датчика требуется выходной сигнал со смещением постоянного тока.

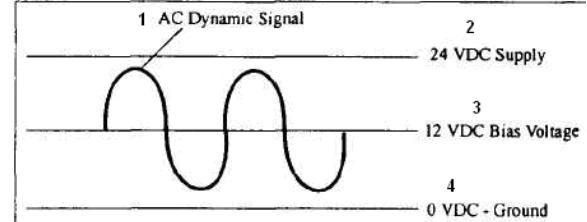


Рис. 18. Напряжение смещения постоянного тока датчика:

1 – динамический сигнал переменного тока; 2 – напряжение источника питания 24 В постоянного тока; 3 – напряжение смещения постоянного тока 12 В; 4 – 0 В постоянного тока – заземление

Такое напряжение смещения постоянного тока является прекрасным диагностическим инструментом. Оно позволяет проверить, включен ли усилитель. При типовой схеме питания это напряжение смещения постоянного тока на выходе будет блокироваться посредством разделительного конденсатора, чтобы к устройству для снятия показаний подводился лишь сигнал переменного тока. Путем установки «тройника», как показано на рис. 19, напряжение смещения может измеряться вольтметром постоянного тока.

При измерении напряжения питания напряжение смещения может быть измерено после подключения датчика. Если вольтметр продолжает показывать напряжение питания, в системе имеется обрыв или что-либо не подсоединенено. Если же вольтметр показывает "0," то это означает, что что-то в системе закорочено. Если показание вольтметра находится в пределах диапазона значений напряжения смещения, то тогда датчик и кабель функционируют должным образом.

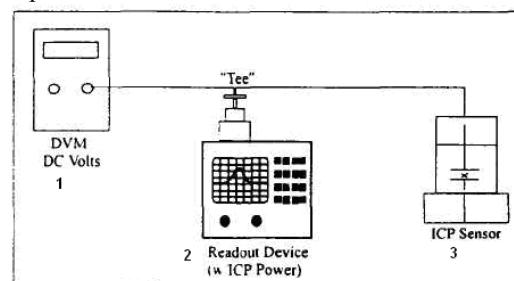


Рис. 19. Измерение напряжения смещения постоянного тока:

1 – цифровой вольтметр постоянного тока; 2 – устройство для снятия показаний (подводится также напряжение питания ICP®-датчика); 3 – ICP®-датчик

10.0. ПРОЦЕДУРА РЕМОНТА/ВОЗВРАТА

Вследствие характеристик большей части приборов отделения IMI ремонт в условиях эксплуатации в типовом случае НЕ рекомендуется и может лишить Вас гарантии. Если требуется техническое обслуживание или текущий ремонт в заводских условиях, свяжитесь с отделением IMI для получения **НОМЕРА РАЗРЕШЕНИЯ НА ВОЗВРАТ RMA (Return Material Authorization)** прежде чем возвращать аппаратуру на завод-изготовитель. Имейте под рукой следующую информацию: модель и серийный номер. Кроме того, для обеспечения эффективного технического обслуживания предоставьте местному представителю описание в письменном виде симптомов и проблем в аппаратуре или свяжитесь с отделением IMI, если в Вашем районе нет ее представителя.

Заказчики, находящиеся вне территории США, должны проконсультироваться со своим местным дистрибутором изделий отделения IMI для получения информации относительно процедуры возврата прибора и получения разрешения RMA. Для получения помощи звоните по телефону в США (716) 684-0003 или в России (495) 638-0753. Вы можете воспользоваться факсом (716) 684-3823. Вы можете также получить помошь по электронной почте imi@pcb.com или путем посещения наших web-сайтов www.pcb.com и www.pcb-group.ru.

11.0 ОБСЛУЖИВАНИЕ КЛИЕНТОВ / ГАРАНТИИ

Отделение IMI компании PCB Piezotronics гарантирует полное удовлетворение Заказчика нашими изделиями. Если в любой момент времени по любой причине Вы окажетесь не полностью удовлетворены каким-либо изделием отделения IMI, отделение IMI будет бесплатно выполнять ремонт или замену. Вы можете также в пределах гарантийного периода получить обратно покупную цену изделия.

Гарантируется, что в течение года в аппаратуре отделения IMI не будет дефектных материалов или брака в качестве изготовления, если в явном виде не оговорено иное. Повреждение приборов, вызванное подачей некорректного напряжения электропитания или недолжной эксплуатацией, не покрывается данной гарантией. Если имеются какие-либо вопросы относительно электропитания, предполагаемого применения или эксплуатации, пожалуйста, проконсультируйтесь со своим местным отделением по сбыту или с оптовым продавцом. Данная гарантия не распространяется на батареи и другие предметы одноразового пользования.

Отделение IMI предлагает всем клиентам бесплатную круглосуточную поддержку по телефону. Такая поддержка предоставляется семь дней в неделю. В случае возникновения непредвиденных проблем или чрезвычайной ситуации звоните **по горячей линии отделения IMI, телефон 716-684-0003**, и специалист по применению поможет Вам.

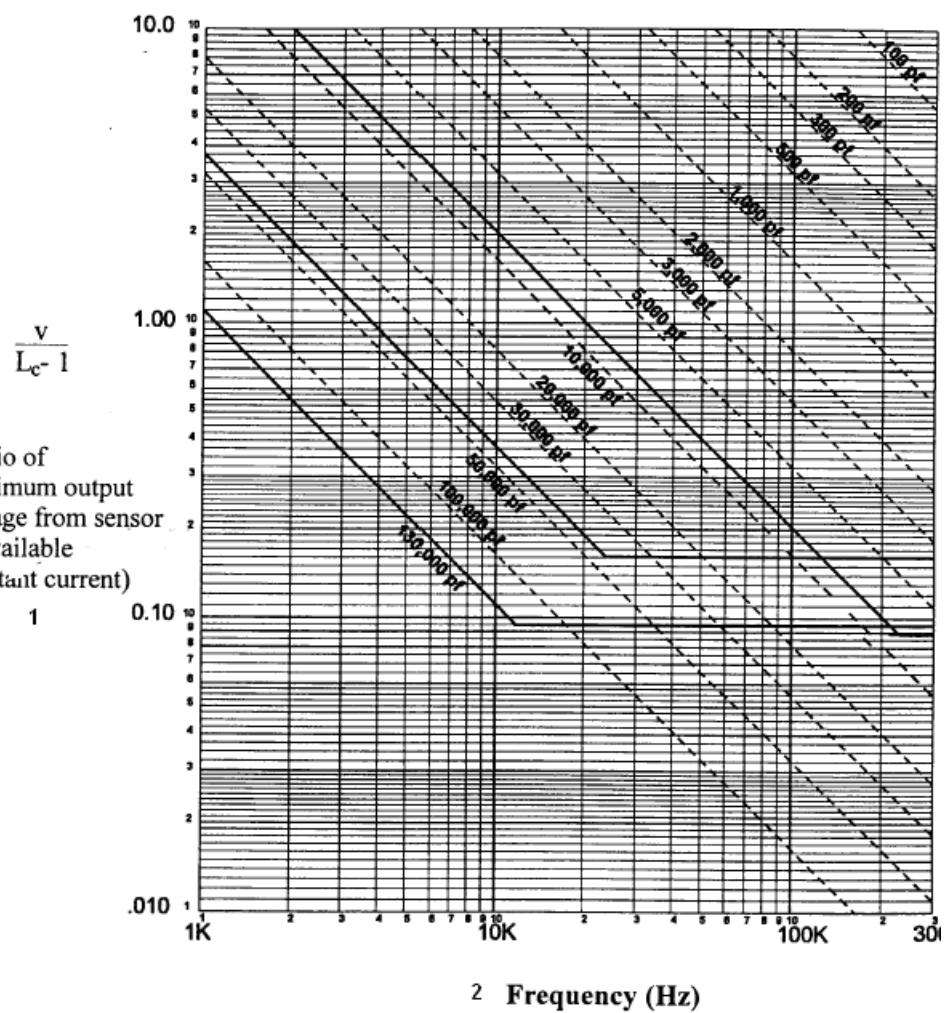


3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043

Телефон: 716-684-0003 • Факс в США: 716-684-3823 • Международный факс: 716-684-4703

ICP® является зарегистрированной торговой маркой PCB Piezotronics, Inc., которая однозначным образом идентифицирует датчики компании PCB со встроенными микрэлектронными схемами.

A Cable driving nomograph



А – номограмма возбуждения кабеля; 2 – отношение максимального выходного напряжения от датчика к доступному постоянному току; 2 – частота (Гц)