

Operating Instructions For pH- and ORP sensors for process applications

Инструкция по
эксплуатации
датчиков рН и ОВП
для технологических
применений





Инструкция по эксплуатации датчиков pH и ОВП для технологических применений

Введение

Эти инструкции по эксплуатации предназначены для всех технологических датчиков pH и ORP. Технические характеристики, указанные в главе 1 (температура, давление и т. Д.), не должны быть превышены. Данные инструкции должны быть прочитаны, поняты и соблюдены всеми сотрудниками, использующими устройство. Hamilton не несет ответственности за повреждения и эксплуатационные сбои, связанные с несоблюдением данных инструкций.

Ответственность

Условия ответственности компании Hamilton Bonaduz AG подробно описаны в документе «Общие положения и условия продажи и поставки (GTS)», глава 12. Компания Hamilton не несет ответственность за прямые или косвенные убытки, возникшие в результате использования датчиков. Это включает в себя неисправности, которые могут возникнуть из-за ограниченного срока службы датчиков, зависящих от их использования. Потребитель несет ответственность за калибровку, техническое обслуживание и регулярную замену датчиков. При применении датчиков в критически важных областях компания Hamilton рекомендует использовать резервные точки измерения во избежание последующих повреждений. Пользователь несет ответственность за соблюдение мер предосторожности в случае отказа датчика.

Использование по назначению

Эти датчики предназначены для измерения значений pH или ОВП. Если эти датчики должны использоваться в потенциально взрывоопасных средах, см. раздел "Инструкции по использованию во взрывоопасных средах". Датчики с соединением типа VP имеют встроенный температурный сенсор (Pt100 или Pt1000). Этот встроенный температурный сенсор должен использоваться только для компенсации pH-сигнала, а не для контроля температуры процесса.

Ввод в работу

Во время распаковки проверьте датчик на наличие повреждений. Поврежденный датчик должен быть возвращен вашему дилеру компании Hamilton в оригинальной упаковке.

Правила техники безопасности

Данный датчик предназначен только для использования по назначению и в безопасных условиях. Использование не по назначению или неправильное использование могут привести к опасным последствиям. Установка и техническое обслуживание должны выполняться только подготовленными специалистами. Поскольку датчик частично выполнен из стекла, с ним следует обращаться с осторожностью. Датчики с герметичной системой измерения (EasyFerm Plus, EasyFerm Bio) имеют риск спонтанного разрыва стекла. При работе с этим датчиком мы рекомендуем одевать защитные очки. При очистке или регенерации датчиков кислотами/основаниями или растворителями рекомендуется использовать защитные очки и перчатки. Убедитесь в отсутствии повреждений резьбового соединения PG13,5 и резинового кольца перед установкой датчика на место. Кольцевые уплотнения подвержены износу и должны регулярно заменяться (не реже одного раза в год). Если датчик высокого давления работает в течение значительного периода времени при давлении выше 10 бар, он не должен подвергаться воздействию высоким температур (> 80 ° C) сразу после использования.

Подготовка датчика

Осторожно снимите колпачок. Промойте датчик водой. Проверьте внутренность мембраны pH-стекла на предмет пузырьков воздуха. Слегка встряхните датчик - пузырьки поднимутся вверх. Датчик многоразового использования: Перед началом измерений откройте заглушку резервуара; закройте ее после замера. Проверьте уровень электролита в электроде. Если датчик будет герметичным и находится в крепеже или корпусе, давление должно быть на 0,5 бар выше технологического давления.

Монтаж

Датчики pH и ОВП лучше всего работают при установке в положении на 15 ° или более от горизонтали, за исключением датчиков Polilyte Plus VP, которые также могут быть установлены в перевернутом положении.

Электрическая проводка

Датчики оснащены головкой разъема S8, K8 или VP (см. Табл. 4). Перед подключением датчика к кабелю убедитесь, что соединения чистые и сухие. Не прикасайтесь к электрическим контактам! Разъемы VP особенно не следует отсоединять в средах с возможной конденсацией влаги. Нестабильные сигналы, низкий наклон или длительное время отклика могут указывать на влажный или загрязненный разъем. Очистите головку разъема VP бумажным полотенцем, смоченным этанолом. После этой процедуры высушите головку разъема сухим бумажным полотенцем. Если описанные проблемы с датчиком все еще остаются, замените кабель VP. Датчики Polilyte Plus VP оснащены электролитическим заземлителем. Электролитический заземлитель представляет собой платиновую проволоку, расположенную за жидкостным соединением внутри камеры эталонного электрода. Он используется для приведения в соответствие электронного заземления трансмиттера с потенциалом раствора электролита и должен быть подключен к клемме «согласование потенциалов» (E + H, SIEMENS), «вспомогательный электрод» (Knick, Mettler-Toledo) или «электролитический заземлитель» (Yokogawa, Emerson). Электролитический заземлитель не должен использоваться для заземления раствора электролита. Ток, протекающий через электролитический заземлитель, не должен превышать 1 мкА (микроампер). Множество трансмиттеров предоставляют дополнительную диагностику датчиков, основанную на контакте с электролитическим заземлителем. У датчиков Polilyte Plus VP нет мембраны. Поэтому сигнал или сопротивление мембраны не имеет значения.

Калибровка и измерение

Для калибровки всегда используйте новые растворы Hamilton DuraCal pH или ORP.

Хранение датчика

Датчики должны храниться с надетым колпачком для промывки, с содержанием раствора 3M KCl (номер по каталогу 238036), или раствора для хранения (номер по каталогу 238931). Датчики, хранящиеся в сухом виде, имеют временные дрейфующие значения. Если датчик непреднамеренно высыхает, его можно поместить в раствор для хранения на ночь для регенерации.

Очистка

В целом, можно применять кислоты, щелочные растворы и обычно используемые смеси для чистки электродов со стеклянными штоками в течение короткого периода. После чистки промойте водой. После чистки, электроды в течение определенного периода времени могут показывать замедленное реагирование, поэтому поместите его после чистки в раствор для хранения на 15 мин. Электроды из высокополимера (PolyPlast): Стоит принять во внимание ограниченную стойкость к химическим веществам, см. "Общее" ниже.

Керамическая диафрагма (жидкостное соединение): Если встречается содержание протеина, электрод должен быть помещен на несколько часов в водно-углеродистый раствор 0,4% HCl + 5 г/л пепсина. Если появляется частичное почернение диафрагмы (содержание серебра), электрод должен быть помещен в 0,4% водно-углеродистый раствор HCl + 76 г/л тиомочевины.

Регенерация

Погрузите датчик в течение 10 минут в 0,1-1 М NaOH, затем в течение 10 минут в 0,1-1 М HCl. После регенерации на 15 минут поместите его в раствор для хранения.

ОВП: металлические поверхности могут быть очищены легкими абразивными веществами, такими, как зубная паста или очень мелкий очищающий порошок.

Утилизация



Конструкция датчиков компании Hamilton минимизирует воздействие на окружающую среду. В соответствии с директивой ЕС 2002/96/ЕС датчики должны утилизироваться как электрические или электронные отходы, а не как муниципальные отходы. Кроме того, они могут быть отправлены обратно в компанию Hamilton для утилизации.

Датчики с герметичными системами измерения (EasyFerm Plus, EasyFerm Bio) должны быть утилизированы в прилагаемой упаковке из полистирола. Это поможет предотвратить травму, если датчик будет поврежден.

Гарантия

Компания Hamilton предоставляет гарантию на датчики при условии следования приведенным ниже правилам.

ДАТЧИК	СРОК ГОДНОСТИ	ГАРАНТИЯ
 pH	 1.5	 1
без изб. давления EasyFerm Plus/Bio с изб. давлением	1 ГОД	1 МЕСЯЦ

без изб. давления

EasyFerm Plus/Bio с изб. давлением

... Считается с первой установки; гарантия предоставляется, если датчик не соответствует техническим параметрам спецификации

Общие сведения

Срок службы датчиков определяется требованиями относительно времени отклика, нулевой точки и наклона. Условия измерения, в особенности крайне высокие температуры и агрессивные растворы измерения могут сократить срок службы. В благоприятных условиях срок службы может составлять 1 - 3 года при комнатной температуре и около 1 - 3 месяцев при 90 °С. Во время хранения также присутствует небольшой фактор старения. Электроды из высокополимера (Polyplast) имеют ограниченную стойкость к химическим веществам. Следует избегать длительного контакта с кислотными или щелочными растворами и спиртами. Эфиры, сложные эфиры, кетоны, ароматические и галогенированные углеводороды воздействуют на материал корпуса и поэтому не должны допускаться к контакту с датчиком.

Совет: Высококачественные кабели увеличивают продолжительность срока службы и дают более стабильные значения измерений.

См. также «Лабораторные и технологические датчики» на www.hamiltoncompany.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНЫХ СРЕДАХ

Маркировка ATEX / IECEx: Газ: CE 0035 II Ⓜ 1/2 G Ex ia IIC T4/T5/T6 Ga/Gb
 Газ (только высокополимер (Polyplast)): CE 0035 Ⓜ II 1/2 G Ex ia IIB T4/T5/T6 Ga/Gb
 Пыль: CE 0035 Ⓜ II 1/2 D Ex ia IIIC T x °C Da/Db

Производитель: Hamilton Bonaduz AG, CH-7402 Бонадуц

Отчет об испытаниях типа ЕС: TÜV 03 ATEX 7005 X

Сертификат соответствия IECEx: IECEx TUR 14.0001 X

Отчет об испытаниях типа ЕС и сертификат соответствия IECEx можно загрузить с сайта www.hamiltoncompany.com.

Необходимо соблюдать условия, приведенные в сертификате ATEX / IECEx.

Все подходящие по ATEX pH и ОВП электроды: см. табл. 1

ВНИМАНИЕ! В случае, когда одновременно присутствует или может присутствовать среда, содержащая газы и пыль, необходимо тщательно изучить опасность взрыва, а также могут потребоваться специальные меры предосторожности.

Сборка

- Оператор оборудования в потенциально взрывоопасной атмосфере отвечает за то, чтобы все компоненты системы были сертифицированы по данному классу и совместимы друг с другом.
- Электроды могут использоваться только с креплениями, предназначенными для их конкретной длины фитинга (а-длина). Для установки в газовой среде могут использоваться следующие крепления:
 - для всех датчиков из Табл. 1, за исключением типов FermoTrod и ChemoTrod: см. Табл. 2a.
 - крепления для типов FermoTrod и ChemoTrod: см. Табл. 2b.

В качестве общего правила крепления в газовых средах - стеклянная поверхность, контактирующая со средой, должна быть не более 4 см² для группы оборудования IIC; 25 см² для группы оборудования IIB; и 50 см² для группы оборудования IIA. В средах, содержащих пыль, могут применяться специальные ограничения при использовании крепления из пластмассы.

ВНИМАНИЕ: Неправильная установка или демонтаж крепления или датчика может привести к непреднамеренному выпуску потенциально взрывоопасной среды.

- Кольцевые прокладки, выполняющие функцию уплотнения между Ex-зоной 0 и 1, или между Ex-зоной 20 и 21, соответственно, должны заменяться при каждом демонтаже датчика.
- Датчики, проводка, трансмиттеры и остальное необходимое оборудование должно быть настроено в рамках одной сбалансированной потенциальной системы.
- Когда датчик собран, наклейка ATEX/IECEx должна быть прикреплена к кабелю в хорошо видимом месте, как можно ближе к самому датчику. Эта наклейка указывает на то, что используется датчик, одобренный по ATEX/IECEx. Наклейку нельзя снимать.

Подключение к трансмиттеру

Датчики, указанные в Табл. 1 подходят для подключения к искробезопасной электрической цепи с уровнем защиты ia. Оператор оборудования должен убедиться в том, что допустимые электрические параметры датчика превышают все соответствующие параметры трансмиттера. Ни одно из значений, указанных для электрической мощности, напряжения и тока, не должно быть превышено в сумме (совместно контуры измерений и температуры). Электрические значения для датчиков, перечисленных в таблице 1, следующие: U = 24 В; I = 173 мА; Максимальная температура процесса для газовых сред определена в Табл. 3a. в условиях пыльных сред необходимо наблюдать максимальную температуру поверхности датчика. Эта температура поверхности зависит от максимальной электрической мощности трансмиттера, см. Табл. 3b.

Максимально допустимая электрическая мощность Р трансмиттера (контуры измерения и температуры совместно) зависит от типа датчика (Табл. 1) и желаемой температуры процесса.

Внимание: Всегда должен соблюдаться предел температуры, указанный на датчике.

Tab. 1 Hamilton ATEX approved sensor families

Sensor	pH mV	T [°C]	p [bar]	A/S/CIP	Ex	Type
Polilyte Pro	0 – 14	-10 - 60	6	--	IIC	7
Polilyte Pro VP	0 – 14	-10 - 60	6	--	IIC	2
Polilyte RX	± 2000	-10 - 60	6	--	IIC	7
Polilyte Plus ***, XP ***	0 – 14	0 – 130*	16, 50	A/S*	IIC	7
Polilyte Plus ***, VP, XP *** VP	0 – 14	0 – 130*	16, 50	A/S*	IIC	1, 2
Polilyte Plus ORP	± 2000	0 – 130*	16	A/S	IIC	7
Polilyte Plus RX XP VP	± 2000	0 – 130*	50	A/S	IIC	1, 2
Polyplast Pro	0 – 14	-10 - 40	6	--	IIB	7
Polyplast Pro RX	± 2000	-10 - 40	6	--	IIB	7
EasyFerm Plus ***	0 – 14	0 – 140	6	A/S/CIP	IIC	7
EasyFerm Plus *** VP, LEVP	0 – 14	0 – 140	6	A/S/CIP	IIC	1, 2
EasyFerm Plus ORP	0 – 14	0 – 140	6	A/S/CIP	IIC	7
EasyFerm Bio ***	0 – 14	0 – 140	6	A/S/CIP	IIC	7
EasyFerm Bio *** VP	0 – 14	0 – 140	6	A/S/CIP	IIC	1, 2
MecoTrode	0 – 14	0 – 130	16	--	IIC	7
MecoTrode VP	0 – 14	0 – 130	16	--	IIC	1, 2
OxyTrode	0 – 14	0 – 130	16	--	IIC	7
FermoTrode	0 – 14	0 – 130	4	A/S	IIC	7
ChemoTrode	0 – 14	0 – 130	6	S/CIP	IIC	7
ChemoTrode VP	0 – 14	0 – 130	6	S/CIP	IIC	1, 2
ChemoTrode P	0 – 14	0 – 130	6	S/CIP	IIC	7
ChemoTrode ORP	0 – 14	0 – 130	6	S/CIP	IIC	7
Liq-Glass PG	1 – 12	-5 – 60	2	--	IIC	7

* depends on the pH glass used
 *** pH glass

A = Autoclaving; S = Sterilization; CIP = Cleaning in place

Tab. 2a ATEX approved armatures (not for ChemoTrodos or FermoTrodos)

	a-length 120	a-length 225
RetractoFit™ Series*	--	✓
RetractoFit™ Bio Series*	--	✓
FlexiFit™ Series*	✓	--
Retractex™ Series*	--	✓

* several part numbers possible

Tab. 2b ATEX approved armatures for ChemoTrodos or FermoTrodos

	a-length 120	a-length 150	a-length 200 / 250
MasterFit™ 120 (Ref 237200)	✓	--	--
MasterFit™ 150 (Ref 237225)	--	✓	--
MasterFit™ 200 (Ref 237235)	--	--	✓

Tab. 3a Maximum process temperature for gas atmospheres

Type 1	$P_i \leq 50 \text{ mW}$	$P_i \leq 125 \text{ mW}$	$P_i \leq 230 \text{ mW}$	$P_i \leq 360 \text{ mW}$
T4	125 °C	119 °C	111 °C	100 °C
T5	90 °C	84 °C	76 °C	65 °C
T6	71 °C	58 °C	39 °C	15 °C

Type 2	$P_i \leq 50 \text{ mW}$	$P_i \leq 100 \text{ mW}$	$P_i \leq 150 \text{ mW}$	$P_i \leq 360 \text{ mW}$
T4	125 °C	121 °C	117 °C	100 °C
T5	90 °C	86 °C	82 °C	65 °C
T6	59 °C	41 °C	22 °C	Not allowed

Type 3	$P_i \leq 50 \text{ mW}$	$P_i \leq 125 \text{ mW}$	$P_i \leq 230 \text{ mW}$
T4	123 °C	114 °C	102 °C
T5	88 °C	79 °C	67 °C
T6	71 °C	58 °C	39 °C

Type 7	$P_i \leq 250 \text{ mW}$
T4	125 °C
T5	90 °C
T6	75 °C

Tab. 3b Maximum process temperature for dust atmospheres

Table for the calculation of the maximum surface temperature "x" of the sensors, as a function of the maximum electrical power of the transmitter "P_i". "x" must be smaller than the ignition temperature of the dust involved.

Type 1 and 3	$P_i \leq 50 \text{ mW}$	$P_i \leq 125 \text{ mW}$	$P_i \leq 230 \text{ mW}$	$P_i \leq 360 \text{ mW}$
	$x = T_a + 9 \text{ °C}$	$x = T_a + 22 \text{ °C}$	$x = T_a + 41 \text{ °C}$	$x = T_a + 65 \text{ °C}$

Type 2	$P_i \leq 50 \text{ mW}$	$P_i \leq 100 \text{ mW}$	$P_i \leq 150 \text{ mW}$
	$x = T_a + 21 \text{ °C}$	$x = T_a + 39 \text{ °C}$	$x = T_a + 58 \text{ °C}$

Type 7	$P_i \leq 250 \text{ mW}$
	$x = T_a + 5 \text{ °C}$

T_a: ambient / process temperature

Tab. 4 Pin assignment of connector heads

Signal description	VP	S8	K8
pH glass	A	Core	Core
Reference electrode	B	Shield	Shield
T3	C	--	--
Solution ground	D	--	--
T1	E	--	--
T2	F	--	--
--	Outer shield	--	--

Pt1000: T1 / T2

Pt100: T1 / T2; T3 shorted with T1

Refillable sensor: Prior to measuring, open the reservoir stopper; close it after measuring. Check level of electrolyte in the sensor.
If the sensor is going to be pressurized in an armature or housing, the pressure should be 0.5 bars above process pressure.

Mounting

pH and ORP sensors perform best when installed at a 15° or more angle from the horizontal, except the Polilyte Plus VP sensors those can also be mounted upside down.

Electrical wiring

The sensors are equipped with an S8, K8, or a VP connector head (see Tab. 4). Before connecting the sensor to the cable, check that the connections are clean and dry. Do not touch the electrical contacts! VP connectors especially should not be disconnected in moisture condensing environments. Unstable signals, low slope, or long response time could indicate a moist or contaminated connector. Clean the VP connector head with a paper towel moistened with ethanol. Dry the connector head after this procedure with a dry paper towel. If the sensor still has the described problems replace the VP cable.

Polilyte Plus VP sensors are equipped with a solution ground. The solution ground is a platinum wire located behind the liquid junction within the reference electrode chamber. It is used to match the electronic ground of the transmitter with the potential of the solution and must be connected to the terminal "potential matching" (E+H, SIEMENS), "auxiliary electrode" (Knick, Mettler-Toledo), or "solution ground" (Yokogawa, Emerson). The solution ground should not be used to ground the solution. The current flowing through the solution ground should not exceed 1 µA. Many transmitters offer additional sensor diagnostics based on a solution ground contact. Polilyte Plus VP sensors do not have a diaphragm. Therefore the signal of the diaphragm or reference resistance is irrelevant.

Calibration and measurement

For calibration always use unused Hamilton DuraCal pH or ORP buffers.

Storing the sensor

Sensors should be stored with the watering cap attached, containing 3M KCl solution (Ref 238036) or storage solution (Ref 238931). Sensors stored dry exhibit temporary drifting values. If the sensor dries out inadvertently, it can be placed in storage solution overnight to regenerate.

Cleaning

In general, you can use acids, alkaline solutions, and commonly used solvents for brief periods to clean electrodes with a glass shaft. Flush with water after cleaning. After cleaning, electrodes are likely to exhibit sluggish response times for a certain period, so place it in storage solution for 15 minutes after cleaning.

PolyPlast type electrodes: Note limited resistance to chemicals, see "General" below.

Ceramic diaphragm (liquid junction): If protein contamination occurs, the electrode should be immersed in a solution of 0.4% HCl + 5 g/l pepsin for several hours. If blackening of the diaphragm is apparent (silver compounds), the electrode should be immersed in a solution of 0.4% HCl + 76 g/l thiourea.

Regenerating

pH: immerse sensor for 10 min in 0.1 – 1M NaOH, then for 10 min in 0.1 – 1M HCl. After regeneration, place the sensor in storage solution for a further 15 min.

ORP: metal surfaces can be cleaned with slightly abrasive substances, such as toothpaste or very fine scouring powder.

Disposal



The design of Hamilton sensors minimizes environmental impact. According to the EU directive 2002/96/EC, sensors should be disposed of as electrical or electronic waste, and not as municipal waste. Alternatively, it can be sent back to Hamilton for disposal.

Sensors with pressurized reference systems (EasyFerm Plus, EasyFerm Bio), should be disposed in the supplied polystyrene packing. This will help prevent injury should the sensor break.

Warranty

Hamilton provides warranty on sensors following the rules below.

SENSOR		SHELF LIFE	WARRANTY
	unpressurized	1.5	1
	pre-pressurized EasyFerm Plus/Bio	1	1
		YEAR	MONTH

Counted from first installation; warranty is granted if sensor is out of specs

General

The life cycle of sensors is determined by requirements regarding response time, zero point, and slope. Measurement conditions, especially high temperatures and aggressive measurement solutions, can shorten the life cycle. Under favorable conditions, the life cycle may be 1 – 3 years at room temperature and about 1 – 3 months at 90°C. There is also a slight ageing factor during storage. Polyplast types have limited chemical resistance. Extended contact with acidic or alkaline solutions and alcohols should be avoided. Ethers, esters, ketones, or aromatic and halogenated hydrocarbons attack the shaft material and should therefore not be allowed to come in contact with the sensor.

Tip: High-quality cables increase the length of the life cycle and yield more stable measurement values.

See also "Lab & Process Sensors" at www.hamiltoncompany.com

USE IN POTENTIALLY EXPLOSIVE ATMOSPHERES

ATEX / IECEx marking:

Gas: CE 0035 Ⓢ II 1/2 G Ex ia IIC T4/T5/T6 Ga/Gb
Gas (Polyplast only): CE 0035 Ⓢ II 1/2 G Ex ia IIB T4/T5/T6 Ga/Gb
Dust: CE 0035 Ⓢ II 1/2 D Ex ia IIIC T x °C Da/Db

Manufacturer:

Hamilton Bonaduz AG, CH-7402 Bonaduz

EC type examination report:

TÜV 03 ATEX 7005 X

IECEx certificate of conformity:

IECEx TUR 14.0001 X

EC type examination report and IECEx certificate of conformity can be downloaded from www.hamiltoncompany.com.

The conditions described in the ATEX / IECEx certificate must be respected.

All ATEX specified pH and ORP electrodes: see Tab. 1

ATTENTION! In case a gas atmosphere and a dust atmosphere are, or could be, present at the same time, the risk of explosion must be examined carefully, and special precautions may be necessary.

Assembly

a) The operator of equipment in potentially explosive atmospheres is responsible for ensuring that all components of the system are certified for that area classification and are compatible with each other.

b) Electrodes may only be used in armatures intended for their specific fitting length (a-length). For installation in gas atmospheres, the following armatures are free to use:

- for all sensors from Tab. 1 with the exception of FermoTrode and ChemoTrode types: see Tab. 2a.
- armatures for FermoTrode and ChemoTrode types: see Tab. 2b.

As a general rule for installation in gas atmospheres, the glass surface in contact with the medium must be no more than 4 cm² for equipment group IIC; 25 cm² for equipment group IIB; and 50 cm² for equipment group IIA. For installations in dust atmospheres, special restrictions may apply when using armatures made of plastic material.

ATTENTION: Incorrect fitting or dismantling of the armature or the electrode may lead to unintended release of a potentially explosive atmosphere.

c) O-Rings having a sealing function between Ex-Zone 0 and 1, 20 and 21 respectively must be replaced at each dismantling of the sensor.

d) Sensors, wiring sections, transmitters and other required equipment are to be set up within a single potential equalizing system.

e) When the sensor is assembled, the supplied ATEX / IECEx sticker is to be attached to the cable in an easily visible place near the sensor. The sticker indicates that an ATEX / IECEx approved sensor is mounted. The sticker must not be removed.

Connection to transmitter

The sensors listed in Tab. 1 are suitable for connection to an intrinsically safe electrical circuit with protection level ia. The operator of the equipment must ensure that the allowable electrical values for the sensor all exceed those of the transmitter. None of the values cited for electrical power, voltage, and current may be exceeded in total (measuring and temperature circuit together). Electrical values for the sensors listed in table 1 are as follows: