



ООО «НТП «ГОРИЗОНТ-М»



УСИЛИТЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МНОГОКАНАЛЬНЫЕ TSG-S

ИСПОЛНЕНИЕ TSG-S01-2

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
МПГТ.411618.021-01 РЭ**

Настоящий документ является Руководством по эксплуатации (далее - Руководство) Усилителей измерительных многоканальных TSG-S (далее – «усилитель») исполнений TSG-S01-2, производимых с 01.02.2026г.

Руководство содержит описание усилителя, принцип работы, технические данные и другие сведения, необходимые для обеспечения правильной эксплуатации.

Изготовитель оставляет за собой право вносить изменения, не влияющие на технические и метрологические характеристики, без изменения эксплуатационной документации.



Усилители относятся к утвержденному типу средств измерений. Номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 79484-20. Тип средства измерений утвержден приказом Росстандарта от 24 сентября 2025 N 2031.



Усилители соответствует требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств». Регистрационный номер декларации о соответствии ЕАЭС N RU Д-RU.PA09.B.15825/24.

Изготовитель:

Общество с ограниченной ответственностью "НТП "Горизонт-М" (ООО «НТП «Горизонт-М»),

Адрес: 125130, г. Москва, проезд Старопетровский, д.7а, стр.23

Тел: 8-800-333-01-40

E-mail: info@ntpgorizont.ru

Сайт: www.ntpgorizont.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1.1	Назначение и область применения	4
1.2	Характеристики изделия	4
1.3	Состав и комплектность	4
1.4	Маркировка и пломбирование	5
1.5	Устройство и принцип работы	5
1.6	Меры предосторожности	6
2	ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ	6
2.1	Подключение к линии RS-485 и питанию	6
2.2	Подключение датчиков	7
3	ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	8
3.1	Описание протокола обмена	8
3.2	Режим измерений с автокалибровкой нуля	9
3.3	Полиномиальная функция преобразования	9
3.4	Пересчет в инженерные величины для подключаемых датчиков	10
4	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	12
5	ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	12

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Назначение и область применения

1.2.1 Усилители измерительные многоканальные TSG-S01-2 предназначены для многоканальных измерений напряжения и силы постоянного тока, электрических сигналов от датчиков различных физических величин и передачи измеренных сигналов по цифровым интерфейсам в компьютерные системы.

1.2.2 Областью применения усилителя являются цифровые измерительные системы, системы мониторинга строительных конструкций, системы виброметрического мониторинга, системы сейсмического контроля.

1.2 Характеристики изделия

1.2.1 Метрологические характеристики

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений коэффициента преобразования, мВ/В	$\pm 5, \pm 10$
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений коэффициента преобразования, % от диапазона	$\pm 0,05$

1.2.2 Технические характеристики

Таблица 2

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных каналов	2
Типы подключаемых датчиков	Мост (4-х, 6-ти проводный), потенциометр (3-х, 5-ти проводный), pt100, pt1000, NTC
Номинальное сопротивление тензорезистивных преобразователей, включенных по схемам мост и полумост, Ом	от 50 до 1000
Частота измерений, Гц: -с отключенным NTC, без режима автокалибровки в процессе измерений -с включенным NTC, без режима автокалибровки в процессе измерений -с включенным NTC, в режиме автокалибровки в процессе измерений	2,4 1,2 0,6
Напряжение питания тензорезисторов, В	3
Внешние интерфейсы	RS-485
Условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °C - относительная влажность воздуха (без конденсации), %	от -50 до +65 не более 95
Напряжение питания, В	от 7 до 28
Потребляемая мощность, Вт, не более	1,2
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более	120 x 80 x 36
Масса, кг, не более	0,3

1.3 Состав и комплектность

1.3.1 Усилитель выполнен в металлическом корпусе и представляет собой единый функциональный блок. В основном в состав усилителя TSG-S01-2 входят:

- корпус из алюминия;
- внутренняя электронная плата с клеммными колодками для внешних подключений;
- гермовводы для подведения и отведения линий RS-485. Гермовводы рассчитаны на подключение кабеля с внешним диаметром 6-9 мм. По требованию заказчика возможна установка гермовводов для кабелей диаметром 9-11 мм.
- гермоввод или разъем PY-07 для подключения измерительного датчика. Гермоввод рассчитан на подключение кабеля с внешним диаметром 6-9 мм. По требованию заказчика возможна установка гермовводов для кабеля диаметром 9-11 мм.

1.3.2 Внешний вид усилителя представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид усилителя (модификация с разъемом PY-07)

1.3.3 Комплект поставки приведен в таблице 3. Обозначение усилителя указывается в зависимости от заказа.

Таблица 3

Наименование	Обозначение	Количество
Усилитель измерительный многоканальный	TSG-S	1 шт.
Джампер-соединитель		1 шт.
Паспорт	МПГТ.411618.021-01 ПС	1 шт.
Руководство по эксплуатации	МПГТ.411618.021-01 РЭ	1 экз. ¹⁾
Примечания:		
¹⁾ – Поставляется одно на партию.		

1.4 Маркировка и пломбирование

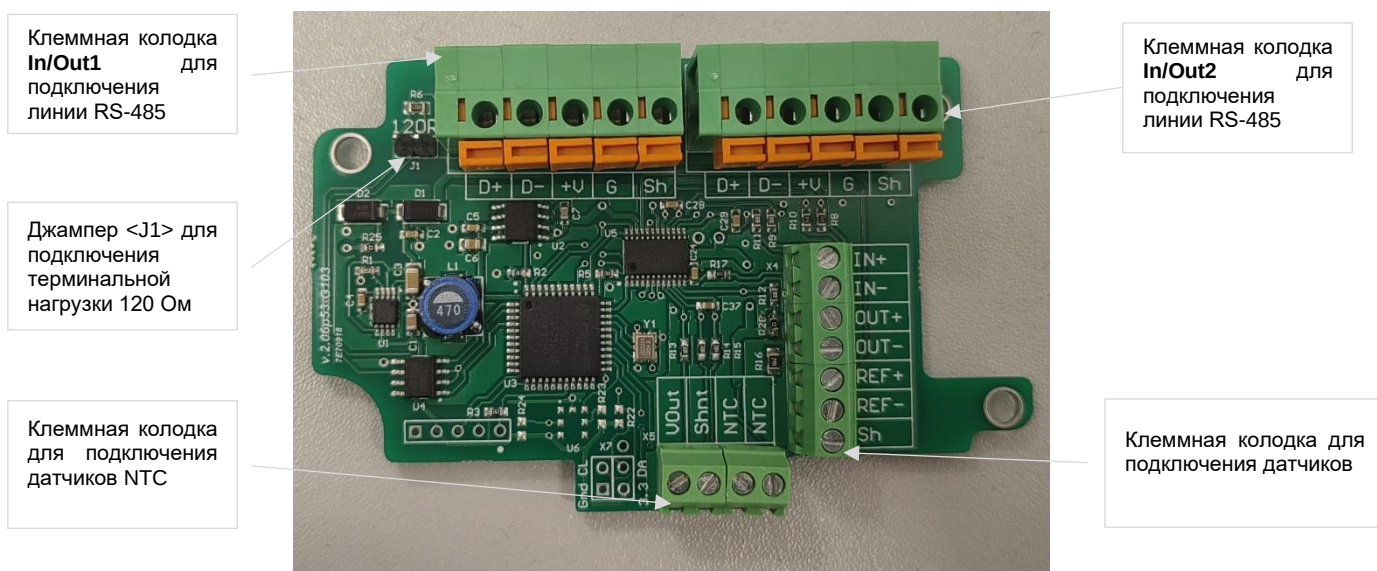
1.4.1 Маркировка осуществляется с помощью нанесения наклейки на корпус или гравировки и содержит:

- наименование предприятия-изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;
- обозначение типа усилителя (модель);
- порядковый (заводской) номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- единый знак обращения продукции на рынке Евразийского экономического союза.

1.4.2 Пломбирование элементов усилителя не предусмотрено.

1.5 Устройство и принцип работы

1.5.1 Внешний вид платы усилителя TSG-S01-2 и обозначение клеммных групп представлены на рисунке 2.



1.5.2 Для датчиков мостового или потенциометрического типа усилитель выполняет измерение электрического сигнала выраженного в отношении напряжения на выходе подключенного датчика (мВ), к напряжению питания датчика (В), преобразует его в инженерные единицы в соответствии с настраиваемой пользователем калибровочной функцией преобразования датчика и настраиваемыми калибровочными коэффициентами и размещает результаты в регистрах ModBus.

1.5.3 Для преобразователей температуры типа pt100, pt1000, NTC усилитель выполняет измерение электрического сопротивления датчика (Ом), преобразует его в температуру (°C) в соответствии с запрограммированной заводом-изготовителем функцией преобразования или настраиваемой пользователем калибровочной функцией преобразования преобразователя и настраиваемыми калибровочными коэффициентами и размещает результаты в регистрах ModBus.

1.5.4 При нулевой «размерности полинома» (регистр 400 = 0) расчет значения в регистр 2 выполняется по заданной заводом-производителем функции преобразования для выбранного типа датчика, если такая формула предусмотрена. При выборе степени полинома (регистр 400 $\neq$ 0) используется полиномиальный пересчет по коэффициентам K00...K55.

1.5.5 При использовании полиномиальной функции преобразования может быть реализована температурная коррекция, для этого используется значение температуры, измеренное датчиком NTC. Если NTC выключен, температура для расчета принимается равной 21 °C.

Более подробно реализация полиномиальной функции преобразования описана в разделе 3.3.

1.6 Меры предосторожности

1.6.1 Эксплуатация усилителей должна производиться на параметрах, не превышающих указанных в технической документации.

1.6.2 К работе допускаются лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

1.6.3 Перед подключением датчика убедитесь, что выбран корректный тип датчика в регистре 29 и выполнена запись настроек в энергонезависимую память (регистр 60) и последующая перезагрузка (регистр 61).

1.6.4 Подключение датчика и линии RS-485 к усилителю нужно выполнять только к обесточенному усилителю.

2 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

2.1 Подключение к линии RS-485 и питанию

2.1.1 Для подключения усилителя к линии RS-485 и питания используются клеммы **In/Out1** или **In/Out2**, как показано на рисунке 3. Клеммы **In/Out1** и **In/Out2** включены параллельно. Наличие двух входов позволяет организовать последовательное подключение нескольких усилителей к одной линии RS-485.

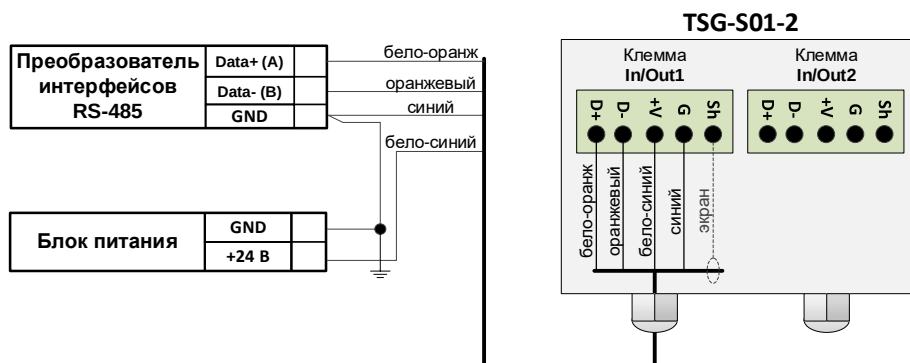


Рисунок 3 – Подключение линии RS-485 и питания

2.2.2 Подключение усилителей осуществляется кабелем типа «витая пара» 8 жил, тип FTP или специализированным кабелем для линий RS-485.

2.2.3 Экраны кабелей линии RS-485 должны соединяться между собой через соответствующие контакты двух клемм <In/Out1> и <In/Out2>

2.2.4 Экран сигнального кабеля линии RS-485 должен быть соединен с отрицательным проводом питания (GND), как можно ближе к клеммам источника питания.

2.2.5 На неиспользуемом выходе усилителя, устанавливаемом на конце измерительной цепи необходимо организовать терминирование линии. Для этого на плате усилителя нужно установить перемычку <J1>, входящую в комплект поставки.

2.2.6 Усилитель бесперебойно работает в диапазоне питания +9 -+28 В, таким образом, с учетом падения напряжения в длинных линиях и/или при большом количестве усилителей в измерительной

цепи рекомендуем применять блоки питания, работающие в диапазоне +9-+28 В, обеспечивающие мощность $(n \cdot 1,2 \text{ Вт}) \cdot 1,5$ раза, где n – количество подключаемых к блоку питания усилителей.

2.2 Подключение датчиков

2.2.1 Подключение датчиков рекомендуется производить после конфигурирования регистра 29 (Тип основного сенсора), сохранения настроек и перезагрузки (рекомендованная последовательность в п. 2.2.3). Всего в регистр «Тип основного сенсора» можно записать значения от 0 до 23. Поддерживаемые типы датчиков приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значение регистра	Датчик
0	PT100
1	PT1000
2	зарезервировано
3	зарезервировано
4	Тензометрический мост 4-х проводный
5	Тензометрический датчик RSS-01
6	Тензометрический мост 6-ти проводный
7	Потенциометр 3 проводный
8	Потенциометр 5 проводный
9 – 23	Зарезервировано

2.2.2 Схемы подключения различных типов датчиков приведены на рисунках с 4 по 9.

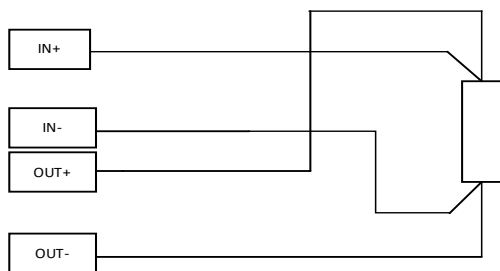


Рисунок 4 – Датчик PT100/PT1000

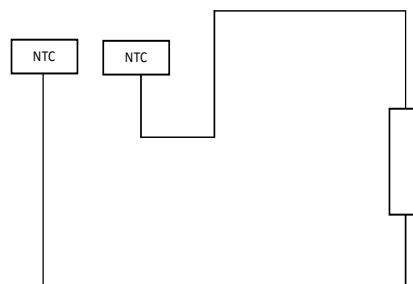


Рисунок 5 – Датчик NTC

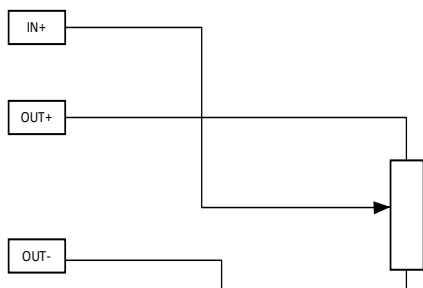


Рисунок 6 – Потенциометр по 3-х проводной схеме подключения

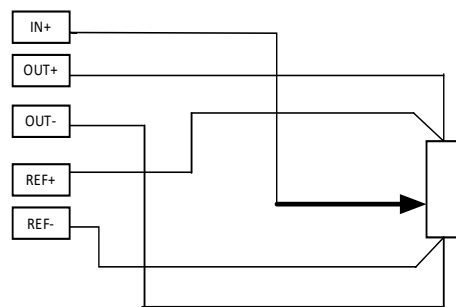


Рисунок 7 – Потенциометр по 5-ти проводной схеме подключения

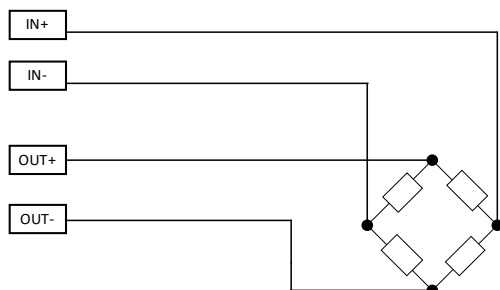


Рисунок 8 - Тензометрический мост по 4-х проводной схеме подключения

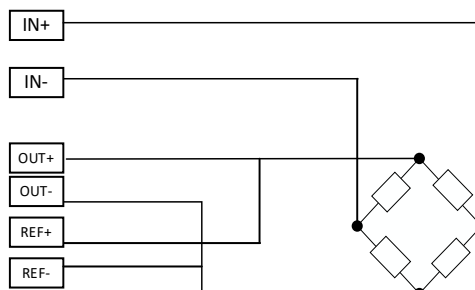


Рисунок 9 – Тензометрический мост по 6-ти проводной схеме подключения

2.2.3 Первичное конфигурирование рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- убедиться, что основной датчик физически НЕ подключен.
- подать питание на устройство и подключиться по Modbus RTU.

- записать в регистр 29 нужный тип основного датчика (таблица 4).
- при необходимости: включить NTC (регистр 27), выбрать режим автокалибровки нуля (регистр 30), выбрать «размерность полинома» (регистр 400) и записать коэффициенты K (регистры 100 – 170).
- выполнить запись настроек в память (регистр 60) и перезагрузку (регистр 61).
- снять питание, подключить основной датчик, подать питание повторно.
- проверить корректность работы: регистр 8 «Статус» = 0; в регистрах 0 и 2 значения адекватны для выбранного типа датчика.

3 ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1 Описание протокола обмена

3.1.1 Усилители поддерживают интерфейс RS-485 и протокол обмена данными ModbusRTU.

ModBus-адрес и скорость линии RS-485 при заводской настройке записаны в паспорте на усилитель, но могут быть поменены пользователем в процесс эксплуатации.

3.1.2 Карта Modbus регистров представлена в таблице 5.

Таблица 5

Адрес регистра	Размер, бит	Тип	Описание	Доступ	Функция
0	2 / 32	float	Сигнал датчика Vin/Vout (размерность зависит от выбранного типа датчика: мВ/В – для мостового и потенциометрического датчика, Ом – для pt100, pt1000)	Read only	0x03
2	2 / 32	float	Пересчитанное значение (размерность зависит от типа датчика и определяется размерностью коэффициентов)	Read only	0x03
4	2 / 32	float	Температура NTC, °C,	Read only	0x03
6	2 / 32	float	Текущая частота измерений	Read only	0x03
8	1 / 16	uint16_t	Текущий статус устройства (значения описаны в таб. 8)	Read only	0x03
20	1 / 16	uint16_t	Версия прошивки	Read only	0x03
22	2 / 32	uint32_t	Серийный номер	Read only	0x03
24	1 / 16	uint16_t	Modbus адрес устройства	Read / Write	0x03 / 0x10
25	2 / 32	uint32_t	Скорость обмена (выбирается из ряда 9600, 115200, 230400)	Read / Write	0x03 / 0x10
27	1 / 16	uint16_t	Включить NTC	Read / Write	0x03 / 0x10
28	1 / 16	uint16_t	Резерв	Read / Write	0x03 / 0x10
29	1 / 16	uint16_t	Тип основного сенсора (значение см в таб.4)	Read / Write	0x03 / 0x10
30	1 / 16	uint16_t	Режим автокалибровки нуля (0 - выключен, 1-включен, значение по умолчанию – -включен)	Read / Write	0x03 / 0x10
60	1 / 16	uint16_t	Запись настроек в энегонезависимую память	Write	0x10
61	1 / 16	uint16_t	Перезагрузка (запись в этот регистр 1 вызывает перезагрузку усилителя)	Write	0x10
100	2 / 32	float	Коэффициент K00	Read / Write	0x03 / 0x10
102	2 / 32	float	Коэффициент K01	Read / Write	0x03 / 0x10
104	2 / 32	float	Коэффициент K02	Read / Write	0x03 / 0x10
106	2 / 32	float	Коэффициент K03	Read / Write	0x03 / 0x10
108	2 / 32	float	Коэффициент K04	Read / Write	0x03 / 0x10
110	2 / 32	float	Коэффициент K05	Read / Write	0x03 / 0x10
112	2 / 32	float	Коэффициент K10	Read / Write	0x03 / 0x10
114	2 / 32	float	Коэффициент K11	Read / Write	0x03 / 0x10
116	2 / 32	float	Коэффициент K12	Read / Write	0x03 / 0x10
118	2 / 32	float	Коэффициент K13	Read / Write	0x03 / 0x10
120	2 / 32	float	Коэффициент K14	Read / Write	0x03 / 0x10
122	2 / 32	float	Коэффициент K15	Read / Write	0x03 / 0x10
124	2 / 32	float	Коэффициент K20	Read / Write	0x03 / 0x10

126	2 / 32	float	Коэффициент K21	Read / Write	0x03 / 0x10
128	2 / 32	float	Коэффициент K22	Read / Write	0x03 / 0x10
130	2 / 32	float	Коэффициент K23	Read / Write	0x03 / 0x10
132	2 / 32	float	Коэффициент K24	Read / Write	0x03 / 0x10
134	2 / 32	float	Коэффициент K25	Read / Write	0x03 / 0x10
136	2 / 32	float	Коэффициент K30	Read / Write	0x03 / 0x10
138	2 / 32	float	Коэффициент K31	Read / Write	0x03 / 0x10
140	2 / 32	float	Коэффициент K32	Read / Write	0x03 / 0x10
142	2 / 32	float	Коэффициент K33	Read / Write	0x03 / 0x10
144	2 / 32	float	Коэффициент K34	Read / Write	0x03 / 0x10
146	2 / 32	float	Коэффициент K35	Read / Write	0x03 / 0x10
148	2 / 32	float	Коэффициент K40	Read / Write	0x03 / 0x10
150	2 / 32	float	Коэффициент K41	Read / Write	0x03 / 0x10
152	2 / 32	float	Коэффициент K42	Read / Write	0x03 / 0x10
154	2 / 32	float	Коэффициент K43	Read / Write	0x03 / 0x10
156	2 / 32	float	Коэффициент K44	Read / Write	0x03 / 0x10
158	2 / 32	float	Коэффициент K45	Read / Write	0x03 / 0x10
160	2 / 32	float	Коэффициент K50	Read / Write	0x03 / 0x10
162	2 / 32	float	Коэффициент K51	Read / Write	0x03 / 0x10
164	2 / 32	float	Коэффициент K52	Read / Write	0x03 / 0x10
166	2 / 32	float	Коэффициент K53	Read / Write	0x03 / 0x10
168	2 / 32	float	Коэффициент K54	Read / Write	0x03 / 0x10
170	2 / 32	float	Коэффициент K55	Read / Write	0x03 / 0x10
400	1 / 16	uint16_t	Размерность полинома	Read / Write	0x03 / 0x10
401	1 / 16	uint16_t	Тип NTC (зарезервировано)	Read / Write	0x03 / 0x10

Текущие результаты считываются из регистра 0 (электрическая величина) и регистра 2 (физическая величина).

Если включен NTC (регистр 27 не равен 0), температура доступна в регистре 4.

Фактическая частота обновления измерений доступна в регистре 6.

При изменении адреса ModBus (регистр 24) учитывайте задержку инициализации при старте равную 10мс *адрес устройства.

Для записи параметров в энергонезависимую память необходимо отправить значение 1 в регистр 60. Только в этом случае настройки применятся после перезагрузки усилителя.

3.2 Режим измерений с автокалибровкой нуля

3.2.1 Для снижения погрешности измерения усилителем, вызванной температурными дрейфом, изменением напряжения питания, рекомендуется проводить измерения в режиме автокалибровки нуля в процессе измерений.

3.2.2 Если в регистре 30 установлено значение 1 (по умолчанию), автокалибровка будет выполняться после каждого измерения.

3.2.3 Если в регистре 30 установлено значение 0, автокалибровка выполняется только при включении усилителя перед запуском измерений, при этом частота измерений увеличивается примерно вдвое.

3.3 Полиномиальная функция преобразования

3.3.1 Полиномиальная калибровочная функция преобразования используется, если пользователю нужно получить с усилителя физическую величину, измеряемую датчиком и эта функция может определена полиномом n-й степени. Так же полиномиальная калибровка используется для проведения температурной коррекции датчика, если температурная зависимость определена в виде полиномиальной функции.

3.3.2 В общем виде полиномиальная функция преобразования может быть записана в виде:

$$S(V, T) = \sum_{i=0}^n K_i(T) * V^i$$

где

$$K_i(T) = \sum_{j=0}^n K_{ij} * T^j$$

где:

$S(V, T)$ – выходное значение физической величины датчика, определяемое по V [мВ/В], с учетом температурной коррекции по T ;

V – выходной сигнал датчика, отнесенный к напряжению питания датчика [мВ/В];

T - температура, измеренная датчиком NTC [$^{\circ}\text{C}$];

$K_i(T)$ – коэффициенты преобразования калибровочной функции, зависящие от температуры;

K_{ij} – коэффициенты температурной коррекции, определяющие зависимость коэффициентов преобразования калибровочной функции от температуры.

n - размерность (степень) полинома

3.3.3 Последовательность действий для настройки полиномиального преобразования на усилителе следующая:

- Выберите степень полинома, записав значение в регистр 400 (0 – отключено, иначе – включено).
- При необходимости включите NTC (регистр 27 не равно 0).
- Запишите рассчитанные коэффициенты $K00\dots K55$ в диапазон регистров 100 – 170.
- Сохраните настройки (регистр 60) и выполните перезагрузку (регистр 61) для применения новых коэффициентов.

3.3.4 Регистры калибровочных коэффициентов для разных степеней схематически представлены на рисунке 10.

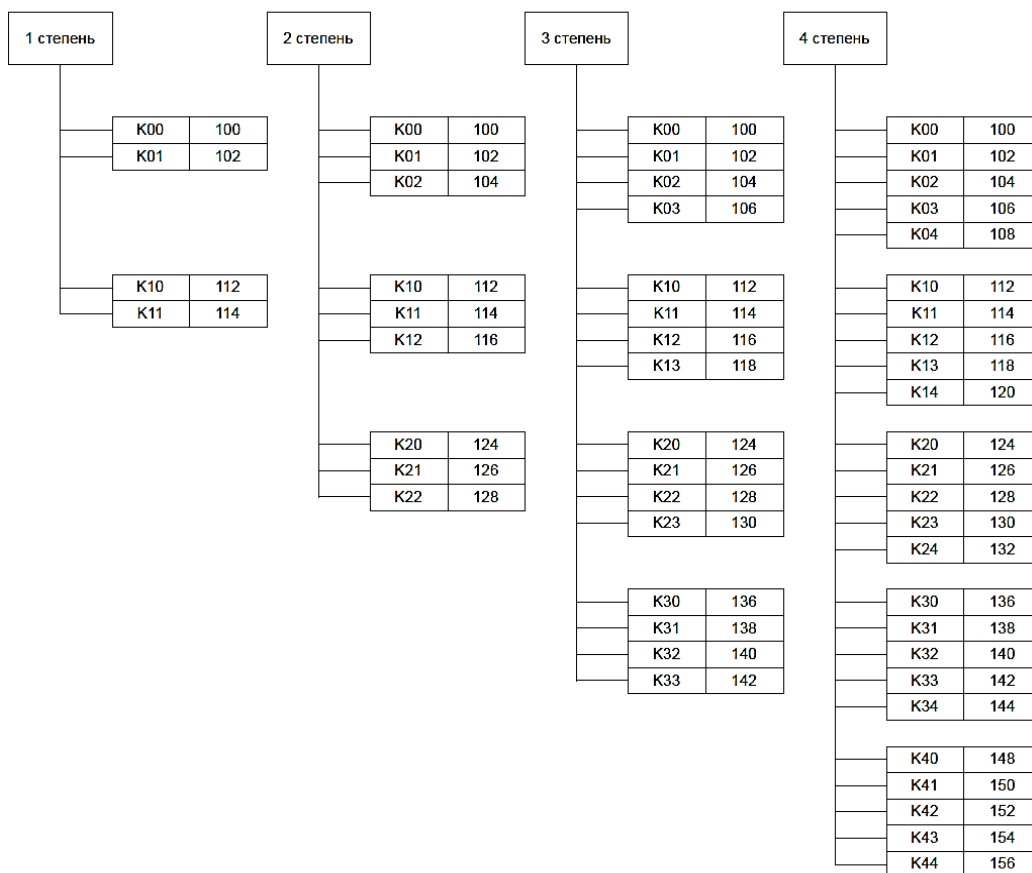


Рисунок 10 – Калибровочные коэффициенты

3.4 Пересчет в инженерные величины для подключаемых датчиков

3.4.1 PT100, PT1000

В регистр 1 записывается значение в Омах.

В регистр 2 записывается значение температуры в градусах Цельсия в соответствии со следующими формулами.

Формула для pt100 по умолчанию:

$$T = \frac{R_{pt100} - 100}{0,385}, ^{\circ}\text{C}$$

Формула для pt1000 по умолчанию:

$$T = \frac{R_{pt1000} - 1000}{\frac{3.85}{10}}$$

Формулы с полиномами:

1-я степень: $T = K_0 + K_1 R$

2-я степень: $T = K_0 + K_1 R + K_2 R^2$

3-я степень: $T = K_0 + K_1 R + K_2 R^2 + K_3 R^3$

4-я степень: $T = K_0 + K_1 R + K_2 R^2 + K_3 R^3 + K_4 R^4$

5-я степень: $T = K_0 + K_1 R + K_2 R^2 + K_3 R^3 + K_4 R^4 + K_5 R^5$

где K определяется следующим образом:

$$K_0 = K_{00}$$

$$K_1 = K_{10}$$

$$K_2 = K_{20}$$

$$K_3 = K_{30}$$

$$K_4 = K_{40}$$

$$K_5 = K_{50}$$

3.4.2 4-х и 6-ти проводной тензометрический мост

В регистр 1 записывается значение отношения в мВ/В (от -1000 до 1000). Отношение рассчитывается по формуле:

В регистр 2 записывается значение после пересчёта полинома:

$$\varepsilon(S, T) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^{p-i} K_{ij} * S^i * T^j$$

Если температурный датчик NTC не подключен, то принимается стандартное значение температуры, равное 21 °C.

3.4.3 Потенциометрический датчик 3-х и 5-ти проводный

В регистр 1 записывается значение отношения в мВ/В (от 0 до 1000).

В регистр 2 записывается значение перемещения в мм в соответствии со следующими формулами.

Формула по умолчанию:

$$S = K * x$$

где:

K – коэффициент преобразования датчика.

Формулы с полиномами:

$$S(x, T) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^{p-i} K_{ij} * x^i * T^j$$

Если температурный датчик NTC не подключен, то принимается стандартное значение температуры, равное 21°C.

3.4.4 Датчик RSS-01-C

В регистр 1 записывается значение отношения в мВ/В (от -1000 до 1000).

В регистр 2 записывается значение изменения деформации в мкм/м в соответствии со следующими формулами.

Формула по умолчанию:

$$\varepsilon = \frac{S - S_0}{K}, \text{ мкм/м}$$

где:

S_0 – значение выходного сигнала без нагрузки из паспорта на датчик;

K – коэффициент преобразования из паспорта на датчик[(мВ/В)/(мкм/м)].

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Специальное техническое обслуживание не требуется. Рекомендуется периодически проверять целостность соединений и затяжку разъемов.

5 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Хранение выполнять в условиях, исключающих воздействие влаги, конденсата и статического электричества.

Транспортирование усилителей может производиться всеми видами транспорта без ограничения высоты. Транспортировать усилитель аккуратно, не допуская падений или иных сильных воздействий.