



Исследование метрологических характеристик модуля ввода унифицированных аналоговых сигналов

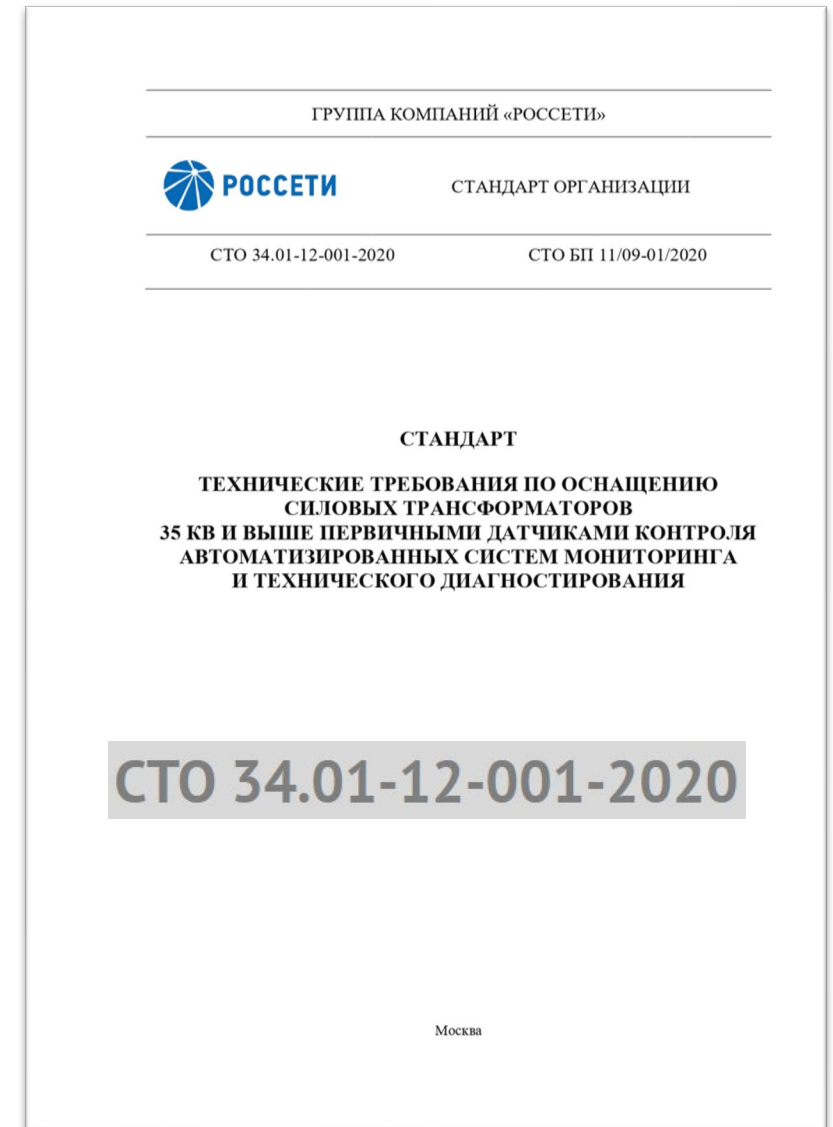
О.С. Мельник

руководитель: Р.С. Плакидин, ведущий инженер по метрологии
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

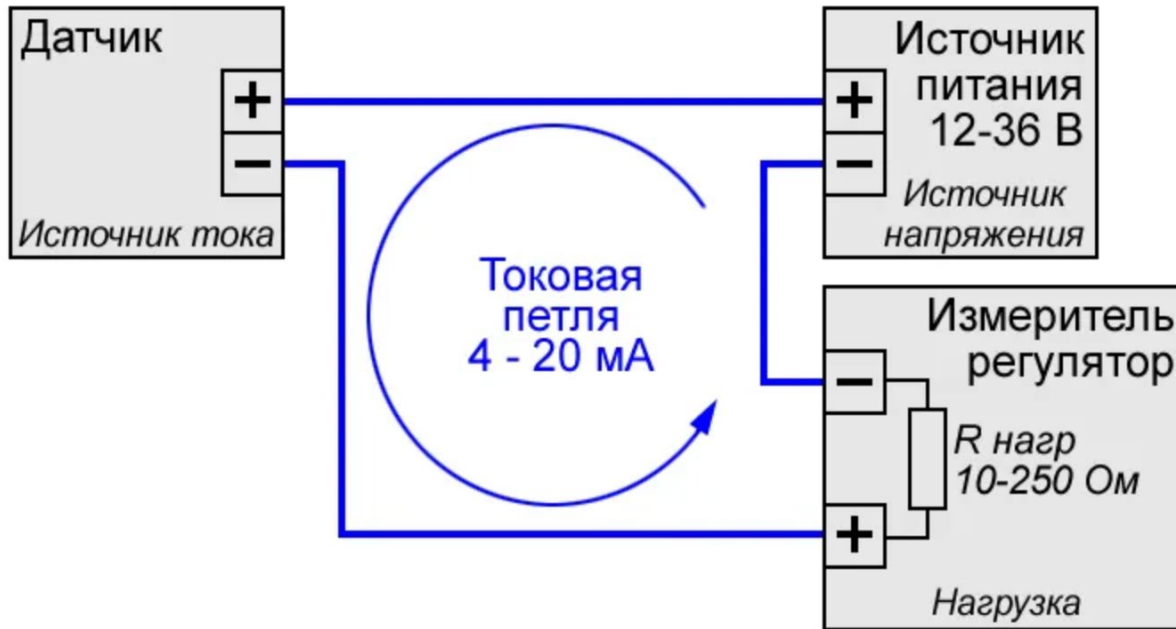
Архангельск
17-19 декабря 2025

Повышение надежности ЭЭС требует совершенствования методов автоматизированного контроля.

- **Ключевой элемент:** Оснащение трансформаторов Автоматизированными Системами Мониторинга и Диагностики (АСМД) в соответствии с СТО 34.01-12-001-2020.
- **Задача АСМД:** Непрерывный контроль ключевых параметров и прогнозирование отказов.
- **Проблема:** Достоверность данных АСМД критически зависит от точности и надежности аппаратного обеспечения, в частности, модулей ввода аналоговых сигналов.



- **Назначение:** Интеграция первичных датчиков в единый диагностический комплекс.
- **Ключевая функция:** Высокоточное преобразование унифицированных аналоговых сигналов.
- **Рабочий стандарт:** Токовая петля 4-20 мА (ГОСТ 26.011-80).



Исследуемые модификации:

- ЭНМВ-1-8P/0-24-A1E4 (8AI, настраиваемые диапазоны мА)
- ЭНМВ-1-8E8(24)/0-24-A2E4 (8AI, -20...20 мА)
- ЭНМВ-1-8P2T/0-220-A2E4 (8AI, настраиваемые диапазоны)



Ethernet / RS-485



4...20 мА

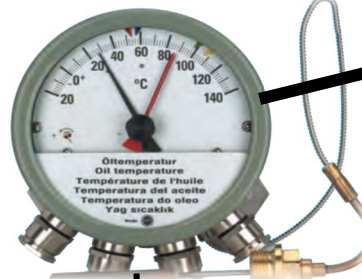
4...20 мА

от 0 до 200 мВ

Датчик уровня
масла



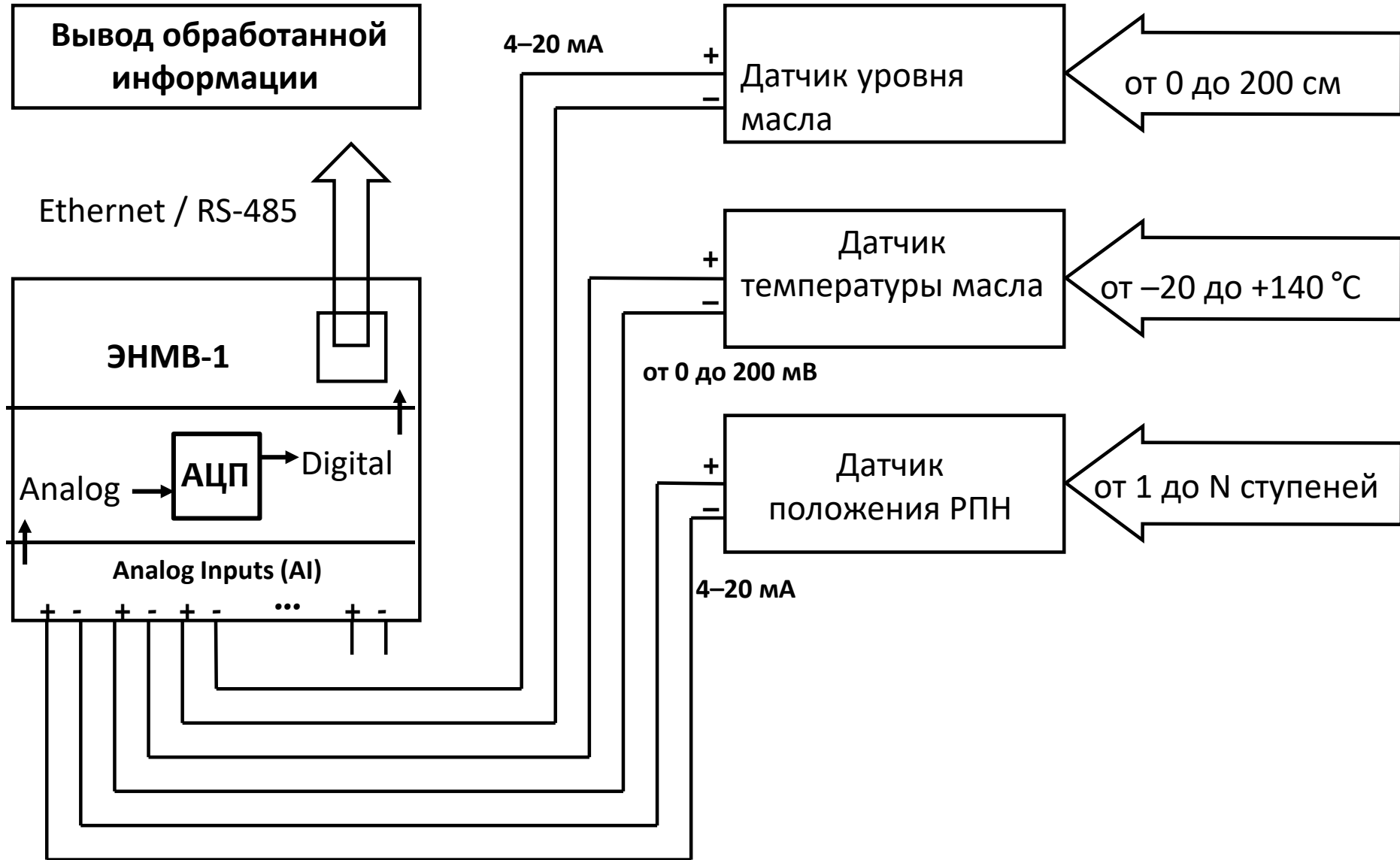
Датчик положения
РПН



Датчик температуры масла



Принципиальная схема



Цель:

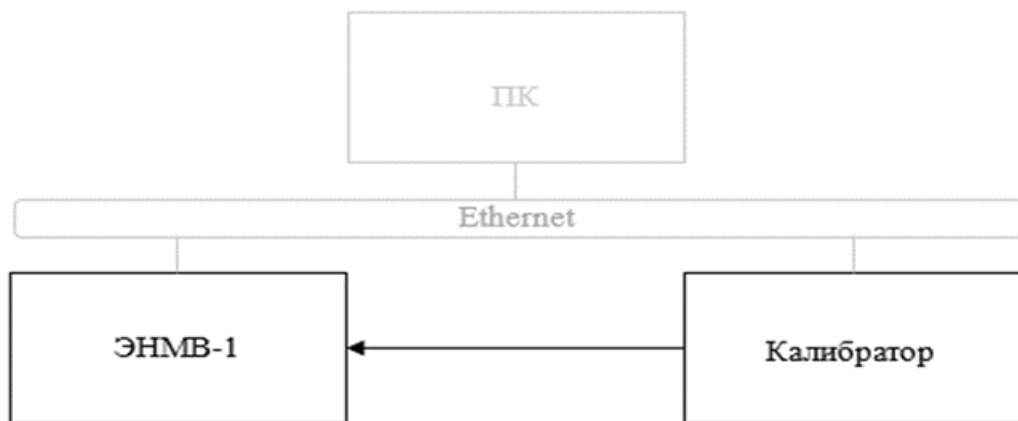
Экспериментальное исследование метрологических характеристик модулей ЭНМВ-1 для оценки их пригодности в АСМД.

Задачи:

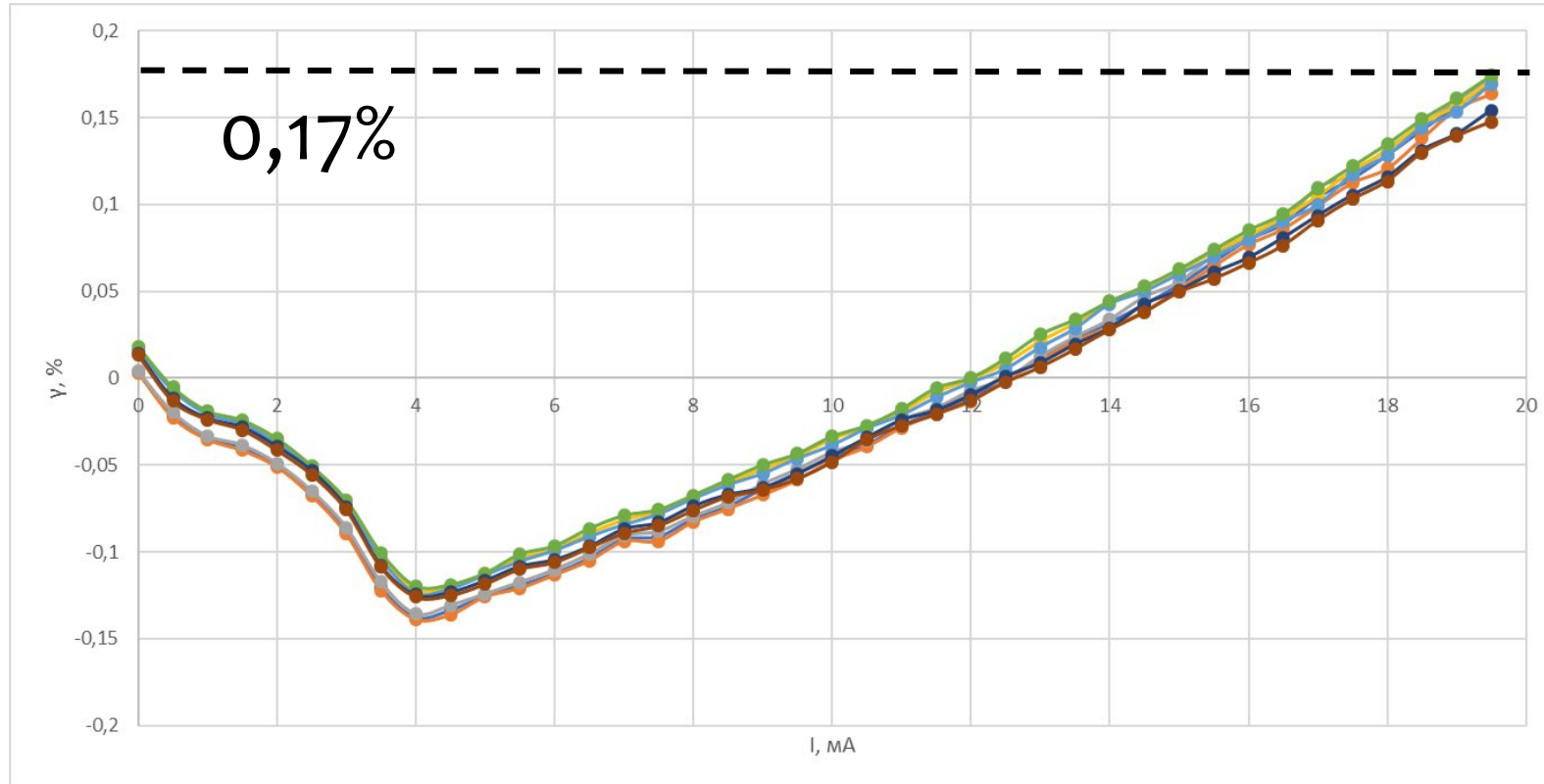
- Определение приведенной погрешности преобразования.
- Проведение калибровки и оценка ее эффективности.
- Оценка стабильности показаний во времени.

Методика:

- **Оборудование:** Многофункциональный калибратор «ЭЛМЕТРО-ПКМ» (эталон 2-го разряда, погрешность 0,01%).
- **Метод:** Подача эталонного тока (0-20 мА, шаг 0.5 мА) – Снятие показаний модуля – Расчет приведенной погрешности γ .



- **Объект:** 8 аналоговых входов (AI1...AI8), диапазон 0...20 мА.
- **Процедура:** На каждый вход подано 41 эталонное значение тока (0-20 мА, шаг 0,5 мА)



- **Результат:** Максимальная приведенная погрешность составила $\gamma = \pm 0,17 \%$.
- **Вывод:** Модуль соответствует высокому классу точности до проведения калибровки.

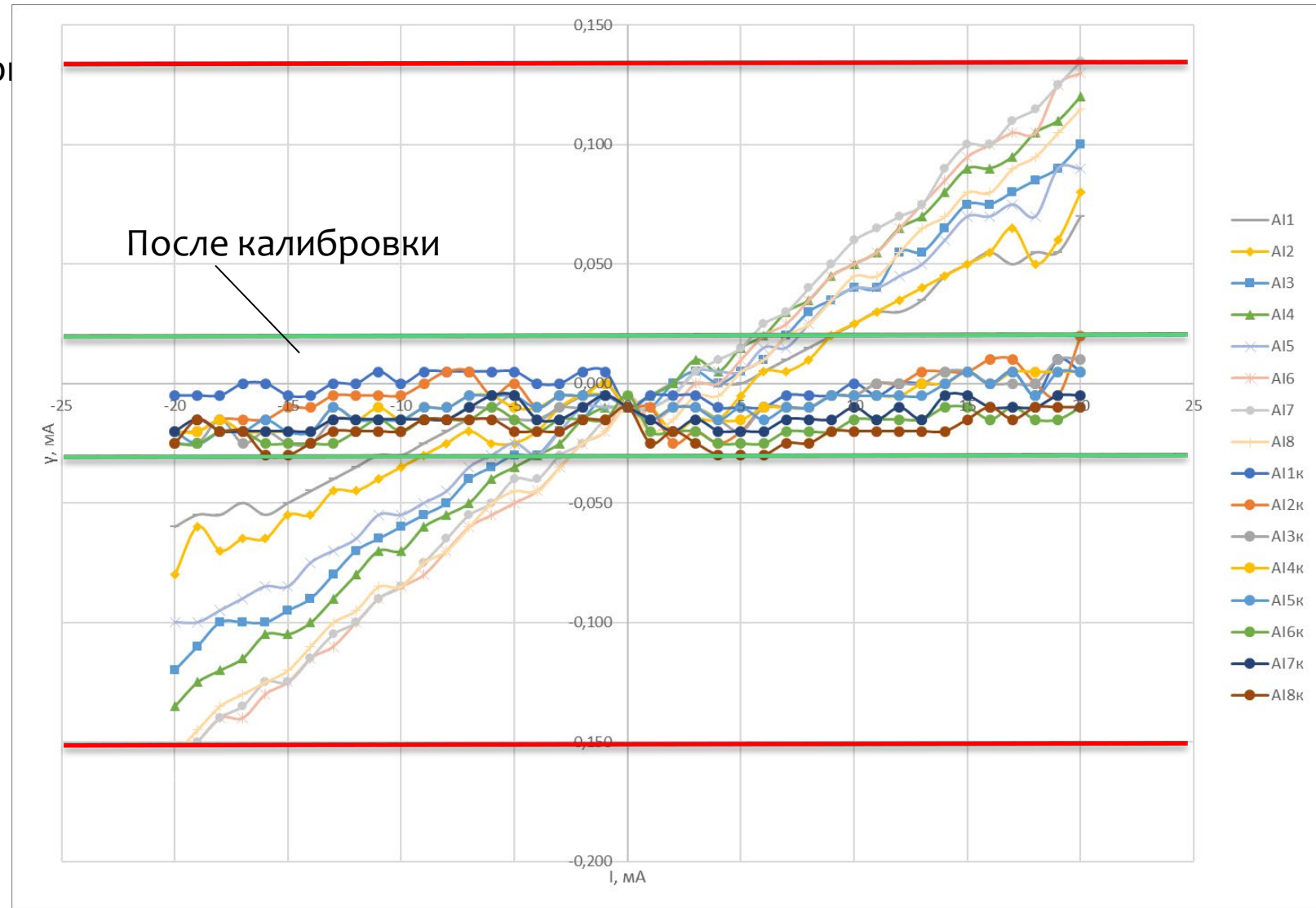
- **Объект:** 8 аналоговых входов, диапазон -20...20 мА.
- **Модель коррекции:** $Y = k \cdot X + b$, где Y — скорректированное значение, X — значение АЦП.

- **Результаты:**

До калибровки: $\gamma = \pm 0,15 \%$

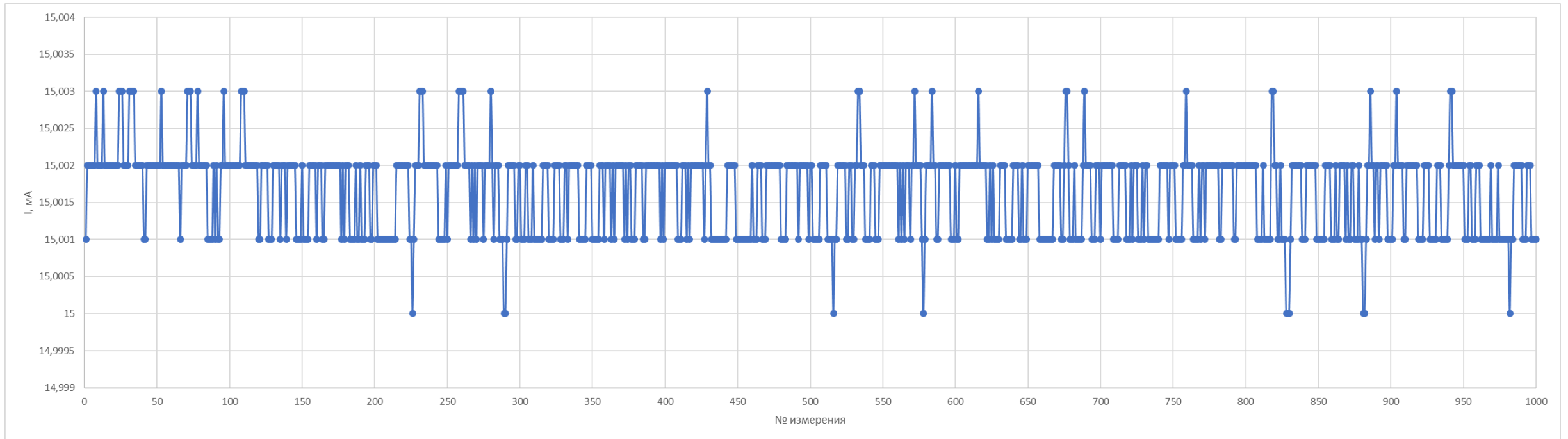
После калибровки: $\gamma' = \pm 0,03 \%$

Вывод: Калибровка позволила повысить точность в 5 раз. Выявлен значительный запас точности аппаратной платформы.



- **Объект:** 8 настраиваемых аналоговых входов, диапазон 0...20 мА.
- **Процедура:** Регистрация 1000 измерений с интервалом 0,1 с при фиксированном эталонном сигнале 15 мА.
- **Результат:** Приведенная погрешность составила $\gamma' = \pm 0,003 \%$.
 - **Вывод:** Показана стабильность работы АЦП и аппаратной части модуля.

Модуль подходит для систем, где нужно точно фиксировать даже небольшие изменения параметров.



Модификация	Исследуемая характеристика	Результат
ЭНМВ-1-8P/0-24-A1E4	Приведенная погрешность (0-20 мА)	0,17 %
ЭНМВ-1-8E8(24)/0-24-A2E4	Приведенная погрешность до калибровки	0,15 %
ЭНМВ-1-8E8(24)/0-24-A2E4	Приведенная погрешность после калибровки	0,03 %
ЭНМВ-1-8P2T/0-220-A2E4	Приведенная погрешность при постоянном сигнале 15 мА	0,003 %

- **Базовая точность** модулей ЭНМВ-1 (0,15–0,17%) соответствует высокому классу точности для промышленных устройств данного типа.
- **Калибровка** позволяет повысить точность в 5 раз (до 0,03%), что свидетельствует о значительном запасе точности аппаратной платформы.
- Высокая **повторяемость** измерений (0,003%) подтверждает низкий уровень внутреннего шума, что обеспечивает достоверность каждого единичного отсчёта в системе АСМД.

1. ПОДТВЕРЖДЕНА ВЫСОКАЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ

Модули ЭНМВ-1 обеспечивают исходную точность 0,15–0,17%, с запасом соответствующую требованиям АСМД силовых трансформаторов.

2. ДОКАЗАНА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИБРОВКИ

Процедура корректировки повышает точность в 5 раз (до 0,03%), раскрывая конструктивный запас аппаратной платформы.

3. УСТАНОВЛЕНА ВЫСОКАЯ ПОВТОРЯЕМОСТЬ

Погрешность 0,003% и разброс ≤ 3 мкА гарантируют достоверность данных в режиме непрерывного мониторинга.

Модули ЭНМВ-1 соответствуют высоким требованиям к аппаратной платформе АСМД и рекомендуются для построения надежных систем мониторинга силовых трансформаторов.





Исследование метрологических характеристик модуля ввода унифицированных аналоговых сигналов

О.С. Мельник

руководитель: Р.С. Плакидин, ведущий инженер по метрологии
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

Архангельск
17-19 декабря 2025

Основное оборудование:

- **ЭНИП-2 УСВИ (PMU)** – устройство синхронизированных векторных измерений, многофункциональный измерительный преобразователь (МИП);
- **ЭНКС-2** – блок коррекции времени (БКВ);
- **ЭНМВ-1** – модуль ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов (МВВ);
- **ЭНКС-3м** – устройство сбора и передачи данных (сервер ССПИ);
- **МИСТ** – устройство мониторинга и диагностики состояния силового трансформатора (УМСТ);
- **ES-PDC** – сервер системы мониторинга трансформатора (Сервер АСМД).

