

# Исследование метрологических характеристик трансформаторов тока с цифровым выходом на основе катушки Роговского при различных температурных режимах

---

Выполнил:

Зборовский Владислав Александрович  
инженер по метрологии

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

Руководитель:

Плакидин Р.С., ведущий инженер по метрологии

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

# Цели и задачи работы

Цель: Исследование метрологических характеристик комбинированных трансформаторов с цифровым выходом ECIT различных модификаций в зависимости от изменения температуры.

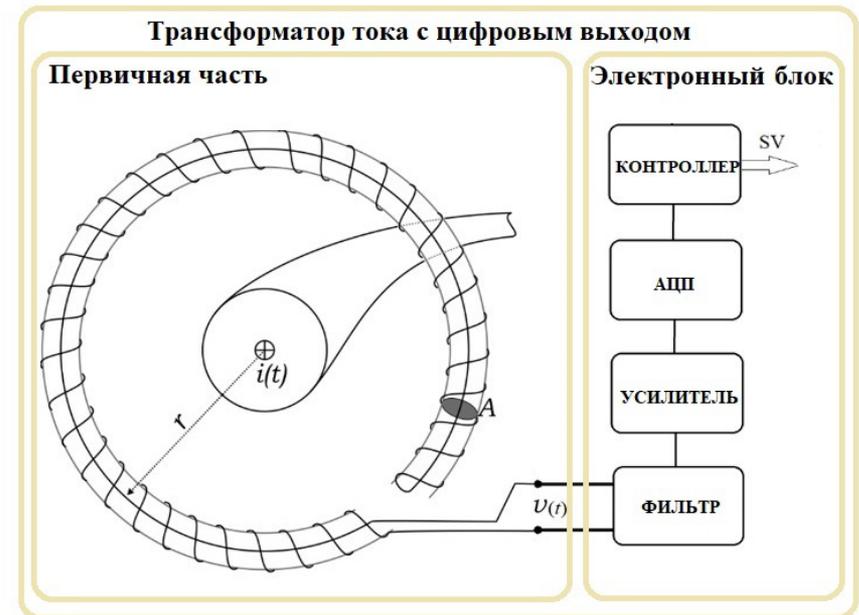
Задачи:

- Подготовить устройства для проведения испытаний;
- Определить диапазон и требования для температурных испытаний;
- Снять показания с трансформаторов при установленных температурах;
- Рассчитать погрешности, построить графики;
- Сделать вывод по полученным результатам.



# Применение катушек Роговского

Переход к микропроцессорным устройствам и цифровым технологиям позволил реализовать сложные алгоритмы обработки сигналов, что сделало возможным использование катушек Роговского в современных системах защиты и измерений. Кроме того, развитие цифровых коммуникационных протоколов, таких как стандарт IEC 61850, способствовало интеграции катушек Роговского в автоматизированные системы управления и контроля. Несмотря на это, многие свойства катушек Роговского остаются не до конца изученными.



# Требования к исполнению трансформаторов тока ГОСТ 15150

## С. 8 ГОСТ 15150

Таблица 3

| Исполнение изделий | Категория изделий | Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С |                   |                    |                   |
|--------------------|-------------------|---|-------------------|--------------------|-------------------|
|                    |                   | Рабочее   |                   | Предельное рабочее |                   |
|                    |                   | верхнее   | нижнее            | верхнее            | нижнее            |
| У, ТУ              | 1; 1.1; 2;        |   |                   |                    |                   |
|                    | 2.1; 3            | +40   | −45*              | +45                | −50*              |
|                    | 3.1               | +40   | −10* <sup>5</sup> | +45                | −10* <sup>5</sup> |
|                    | 5; 5.1            | +35   | −5                | +35                | −5                |
| ХЛ                 | 1; 1.1; 2;        |   |                   |                    |                   |
|                    | 2.1; 3            | +40   | −60               | +45                | −70               |
|                    | 3.1               | +40   | −10* <sup>5</sup> | +45                | −10* <sup>5</sup> |
|                    | 5; 5.1            | +35   | −10               | +35                | −10               |
| УХЛ                | 1; 1.1; 2;        |   |                   |                    |                   |
|                    | 2.1; 3            | +40   | −60               | +45                | −70               |
|                    | 3.1               | +40   | −10* <sup>5</sup> | +45                | −10* <sup>5</sup> |
|                    | 4                 | +35   | +1                | +40                | +1                |
|                    | 4.1               | +25   | +10               | +40                | +1                |
|                    | 4.2               | +35   | +10               | +40                | +1                |
|                    | 5; 5.1            | +35   | −10               | +35                | −10               |

# Климатическая камера СМ – 70/100 – 120 ТВХ

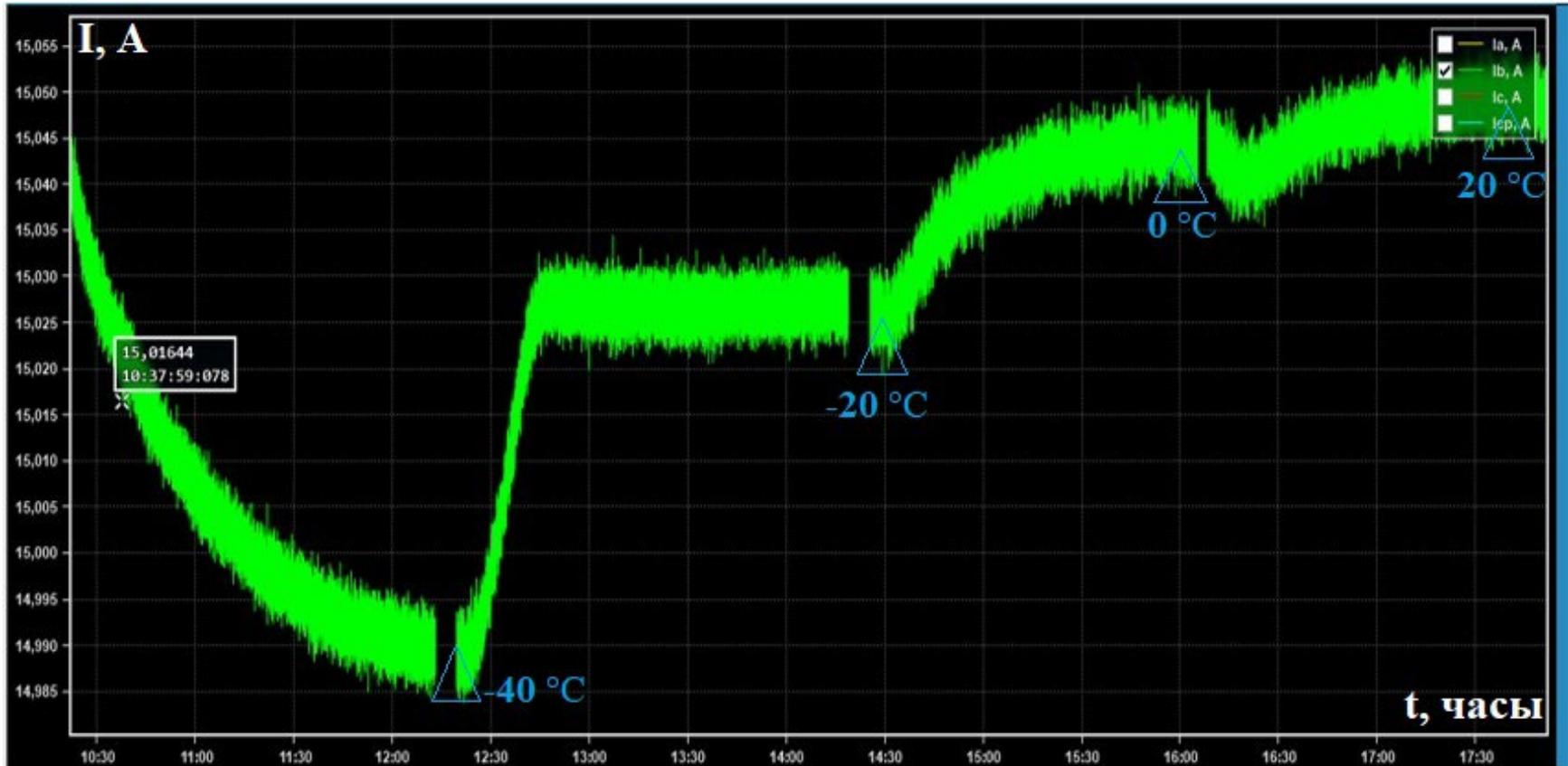


Данная камера имеет диапазон воспроизведения температур от минус 70,5 °С до плюс 100,6 °С с отклонением до  $\pm 1,7$  °С.

# Модификации испытываемых трансформаторов тока с цифровым выходом ЕСІТ



# Применение цифрового счетчика ESM-SV при испытании трансформатора



# Интерфейс ПО SVTest2 для записи SV потока

SVTest2 1.0.0.40 (18.07.2022) 50 Гц

Файл Параметры Информация

Результаты поверки

Прибор: ENS256MUnn01

Сводная таблица (RMS) Таблица/Графики (RMS) Гармоники Измерения Измерения (Эталон) Осциллограммы Смещение потока RMS (Расчет) SmpCnt

Сценарии

Состояния генератора

Шаги

● 1

| TimeStamp    | Ua, В    | αUa, °   |
|--------------|----------|----------|
| 00:00:11.020 | 74,88095 | 39,46888 |
| 00:00:11.040 | 74,87741 | 39,43646 |
| 00:00:11.060 | 74,86283 | 39,45358 |
| 00:00:11.080 | 74,87122 | 39,48376 |
| 00:00:11.100 | 74,87341 | 39,46254 |
| 00:00:11.120 | 74,86297 | 39,47458 |
| 00:00:11.140 | 74,85811 | 39,45040 |
| 00:00:11.160 | 74,87074 | 39,51752 |
| 00:00:11.180 | 74,88499 | 39,46312 |
| 00:00:11.200 | 74,87449 | 39,37796 |
| 00:00:11.220 | 74,86876 | 39,42772 |
| 00:00:11.240 | 74,85859 | 39,44640 |
| 00:00:11.260 | 74,84783 | 39,36301 |
| 00:00:11.280 | 74,86244 | 39,45826 |
| 00:00:11.300 | 74,86647 | 39,42501 |
| 00:00:11.320 | 74,86459 | 39,42460 |
| 00:00:11.340 | 74,87436 | 39,42056 |
| 00:00:11.360 | 74,86757 | 39,40266 |
| 00:00:11.380 | 74,85957 | 39,46462 |
| 00:00:11.400 | 74,86999 | 39,49385 |
| 00:00:11.420 | 74,86787 | 39,46581 |
| 00:00:11.440 | 74,86342 | 39,43576 |
| 00:00:11.460 | 74,88135 | 39,40393 |
| 00:00:11.480 | 74,88719 | 39,40532 |
| 00:00:11.500 | 74,89153 | 39,42912 |

Доп. сигнал [Отсутствует](#)

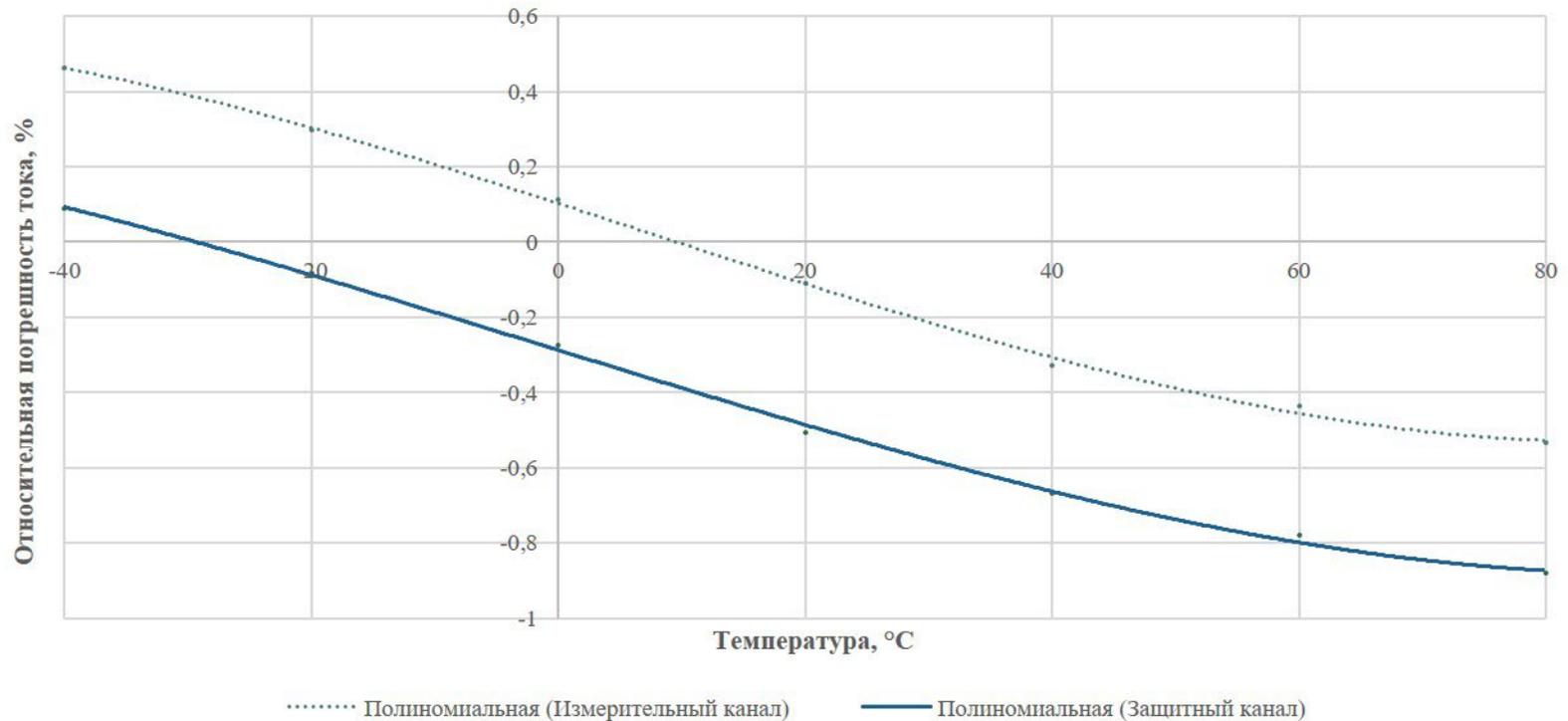
Столбцы

Текущая поверка 16,116 ×
Исследование\_15.12.2022 (3) ×

Сохранение полученных данных

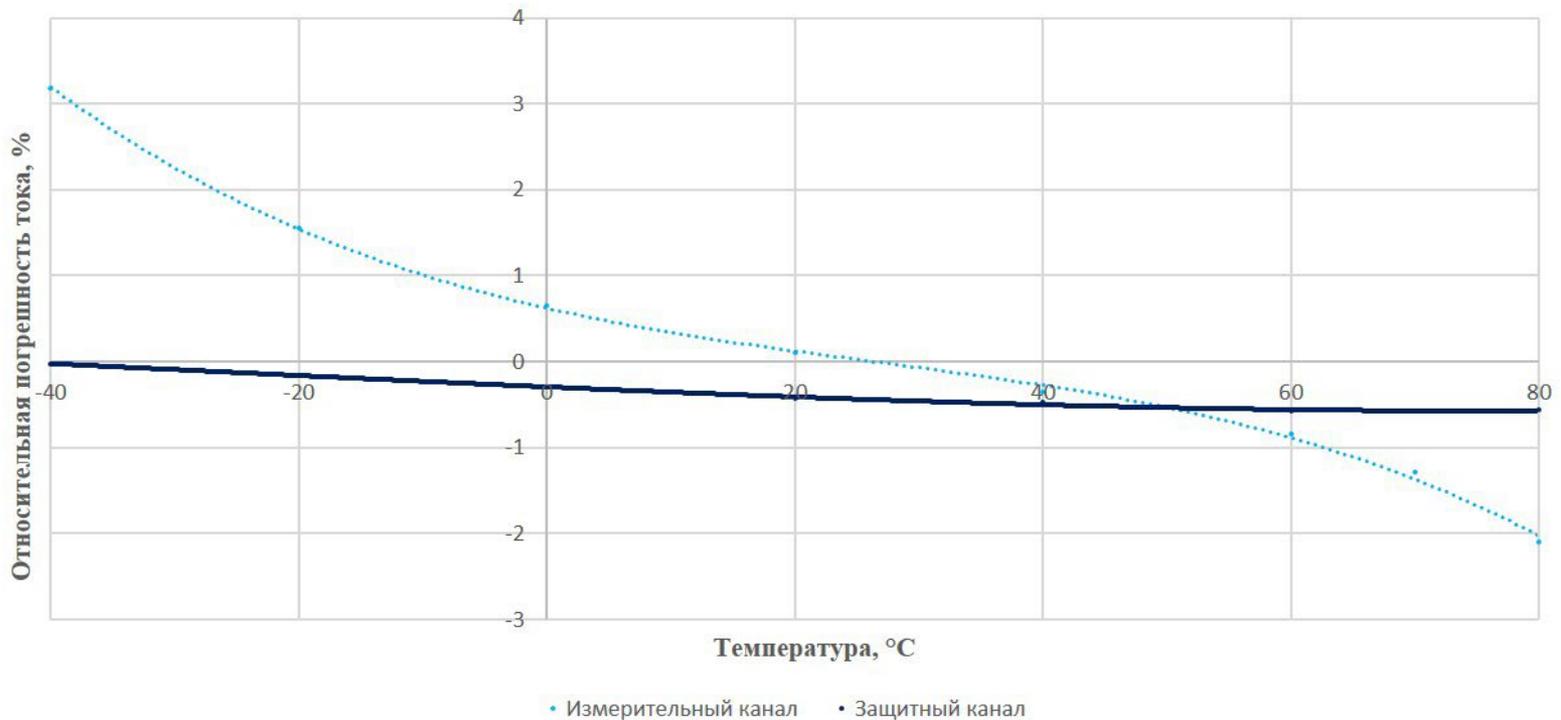
# Начальные результаты испытаний ЕСИТ-1 (Первичная часть)

Зависимость погрешности силы тока ЕСИТ от температуры



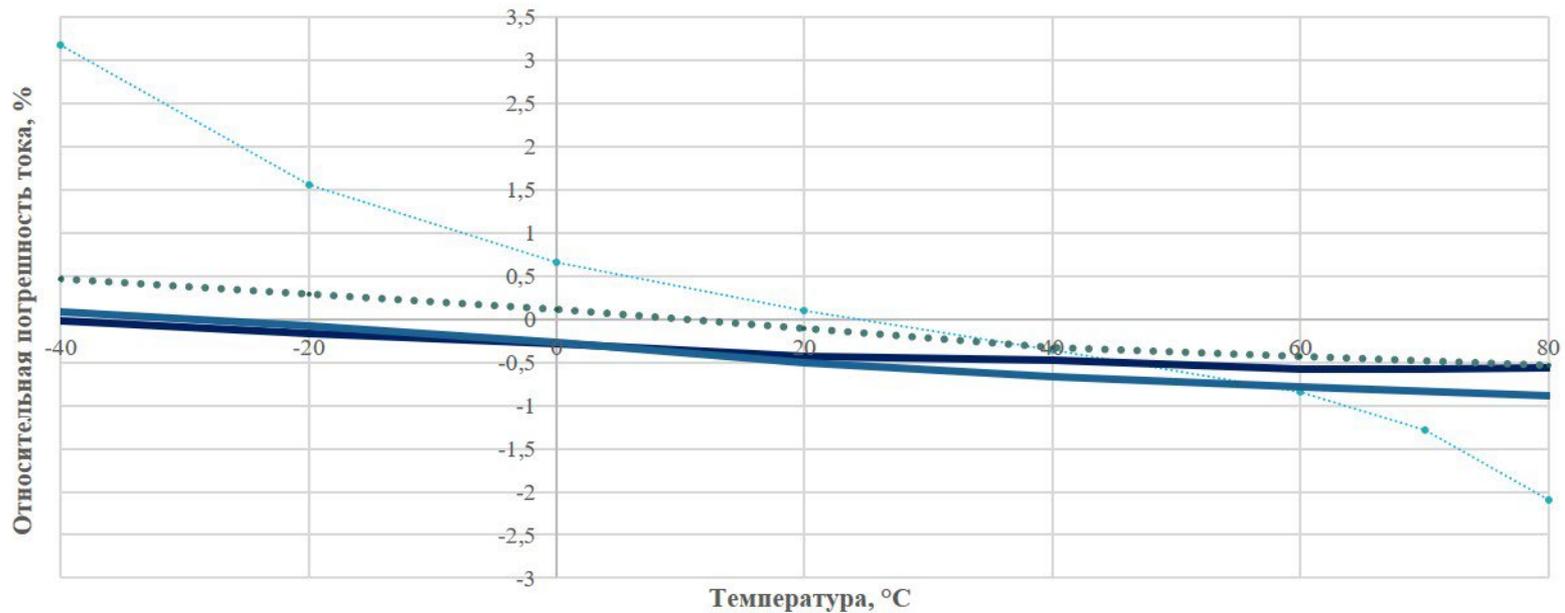
# Начальные результаты испытаний ЕСИТ-1 (Все устройство)

Зависимость погрешности силы тока ЕСИТ от температуры



# Начальные результаты испытаний ЕСИТ-1 (Общий график)

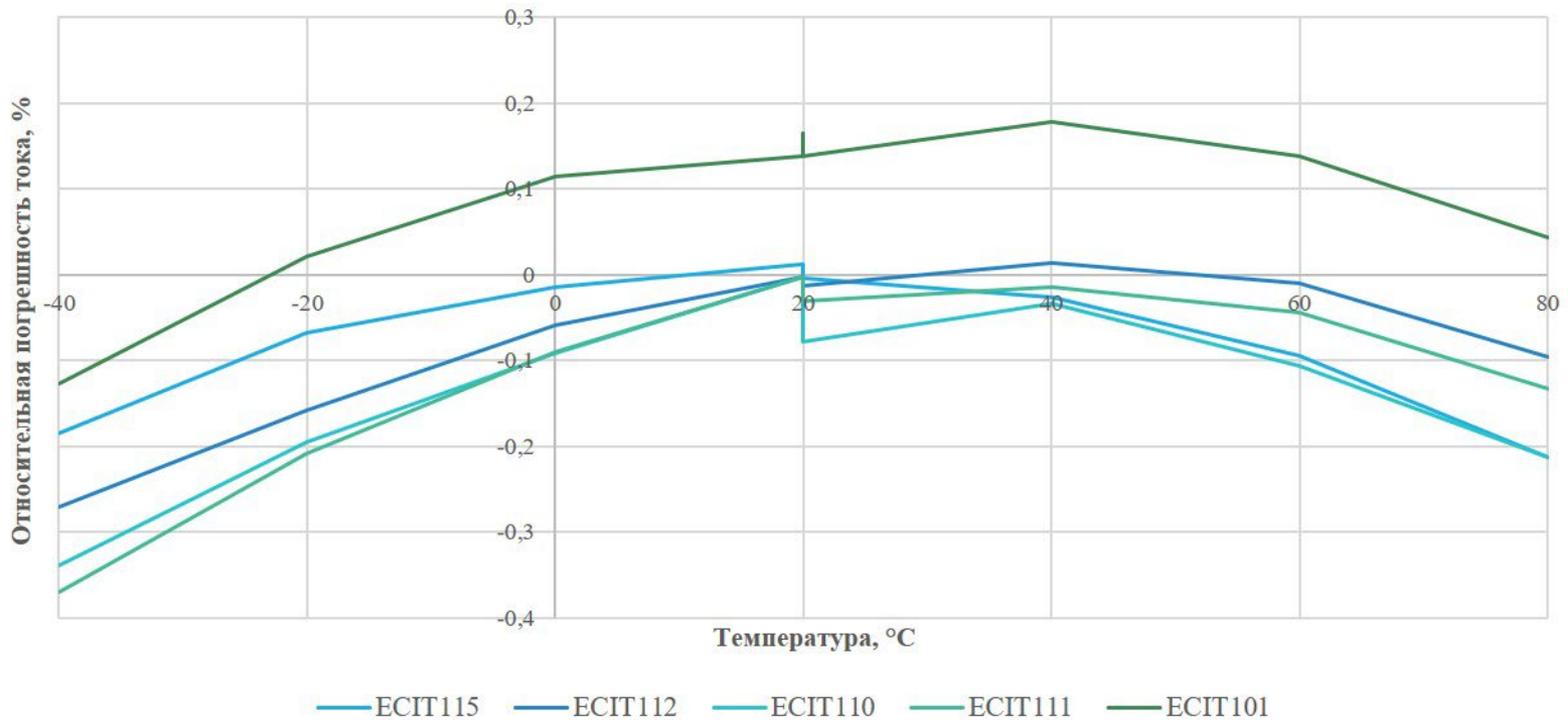
Зависимость погрешности силы тока ЕСИТ от температуры



- ..... Измерительный канал (Все устройство)
- ..... Измерительный канал (Основная часть)
- Защитный канал (Все устройство)
- Защитный канал (Основная часть)

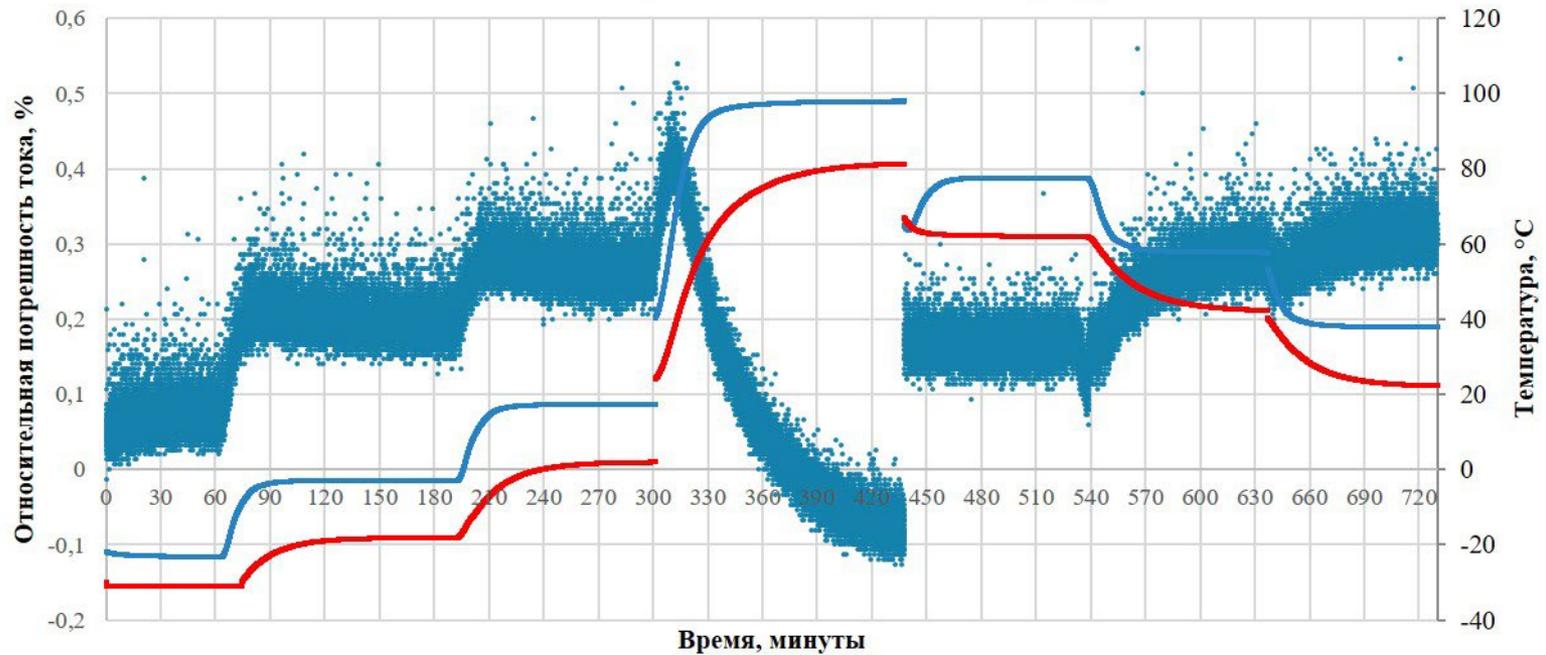
# Итоговые результаты испытаний ЕСИТ-1 после улучшения состава и внесения изменений в электронный блок

Зависимость погрешности силы тока от температуры (измерительный канал)



# Результаты испытаний ЕСИТ-3

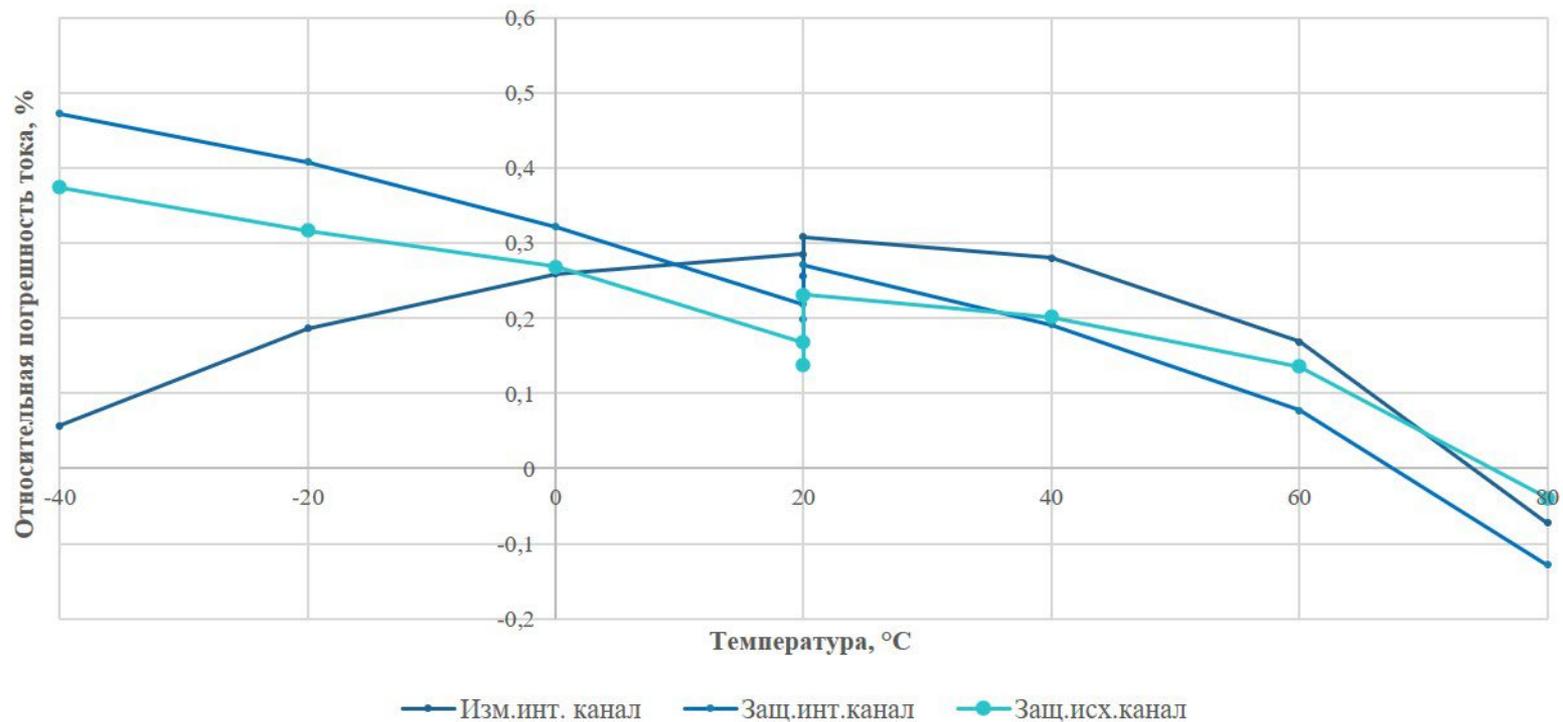
Зависимость погрешности силы тока от температуры



- Относительная погрешность тока, %
- График температуры АЦП
- График температуры

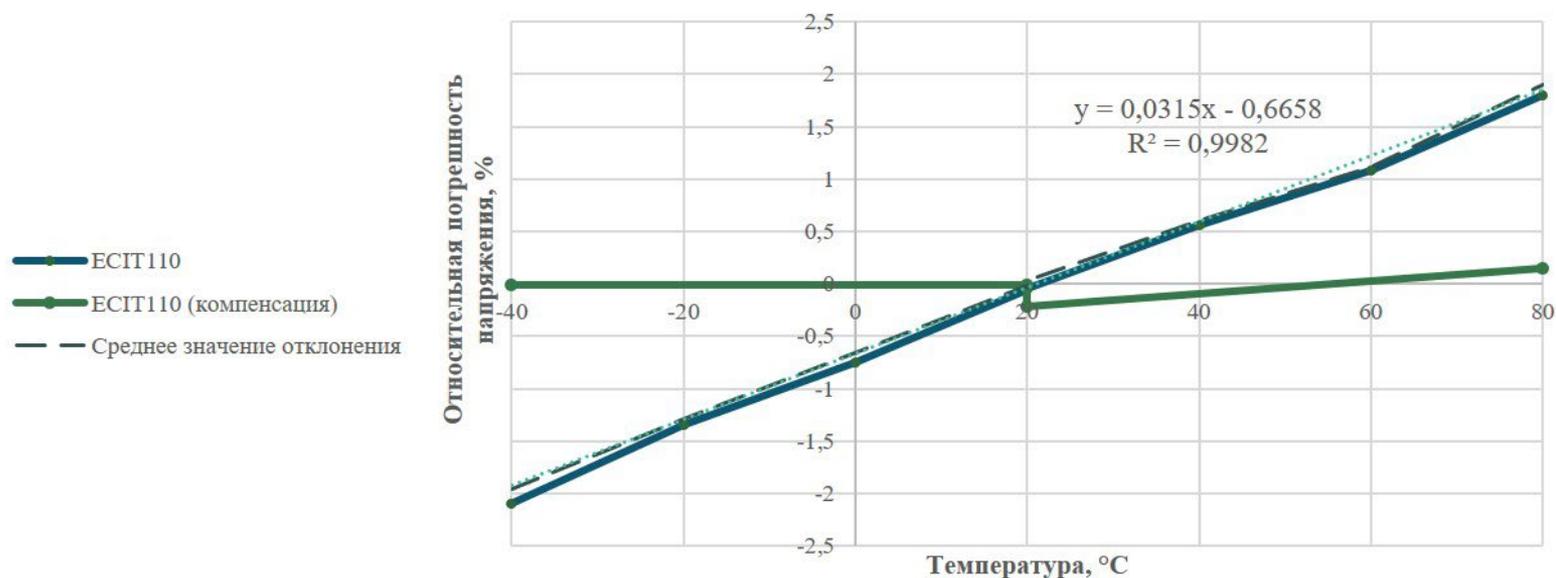
# Результаты испытаний ЕСИТ-3

Зависимость погрешности силы тока от температуры



# Расчет температурной компенсации для напряжения трансформатора ЕСИТ-1

| ПРОВЕРКА УРАВНЕНИЯ |                               |          |  | Полученное значение              | Погрешность |
|--------------------|-------------------------------|----------|--|----------------------------------|-------------|
|                    | Подаваемое напряжение, В      | 350      |  | 353,5901                         | 1,02575 %   |
|                    | Температура в камере, градусы | 53,7     |  |                                  |             |
|                    | Коррекция:                    | 0,010258 |  |                                  |             |
|                    | Уравнени $y=0,0315*x-0,6658$  |          |  | Расчет при коррекции<br>349,9632 | -0,01052 %  |



# Заключение

---

Из вышесказанного можно сделать вывод, что комбинированные трансформаторы с цифровым выходом ЕСИТ-1 и ЕСИТ-2 удовлетворяют требованиям для класса точности до 0,5S включительно при температурах от -20 °С до 60 °С.

Кроме того, благодаря наличию электронного блока можно скорректировать характеристику, тем самым увеличив точность СИ для соответствия требованиям ГОСТ 15150 и ГОСТ 7746-2015.

# Спасибо за внимание!

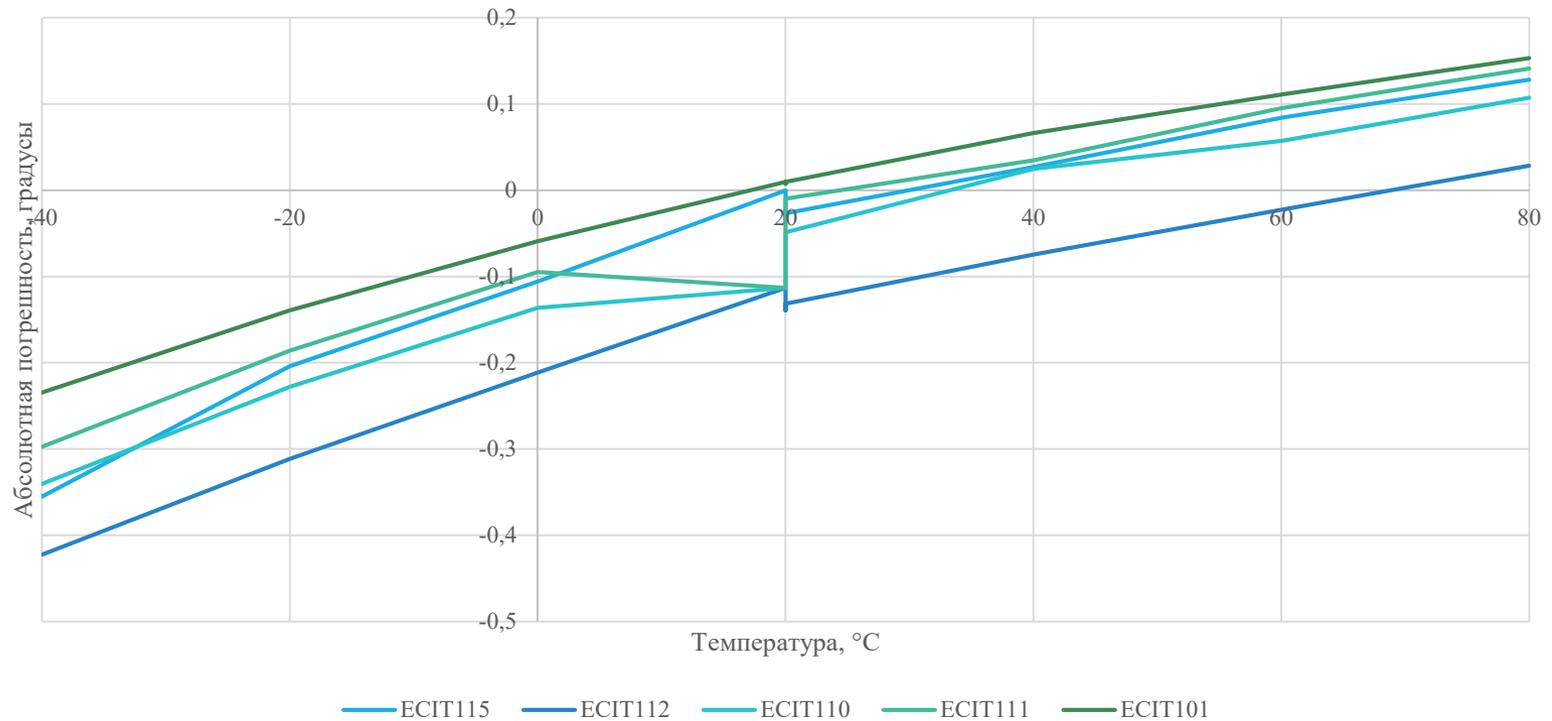
---

Зборовский Владислав Александрович

[v.zborovskiy@ens.ru](mailto:v.zborovskiy@ens.ru)

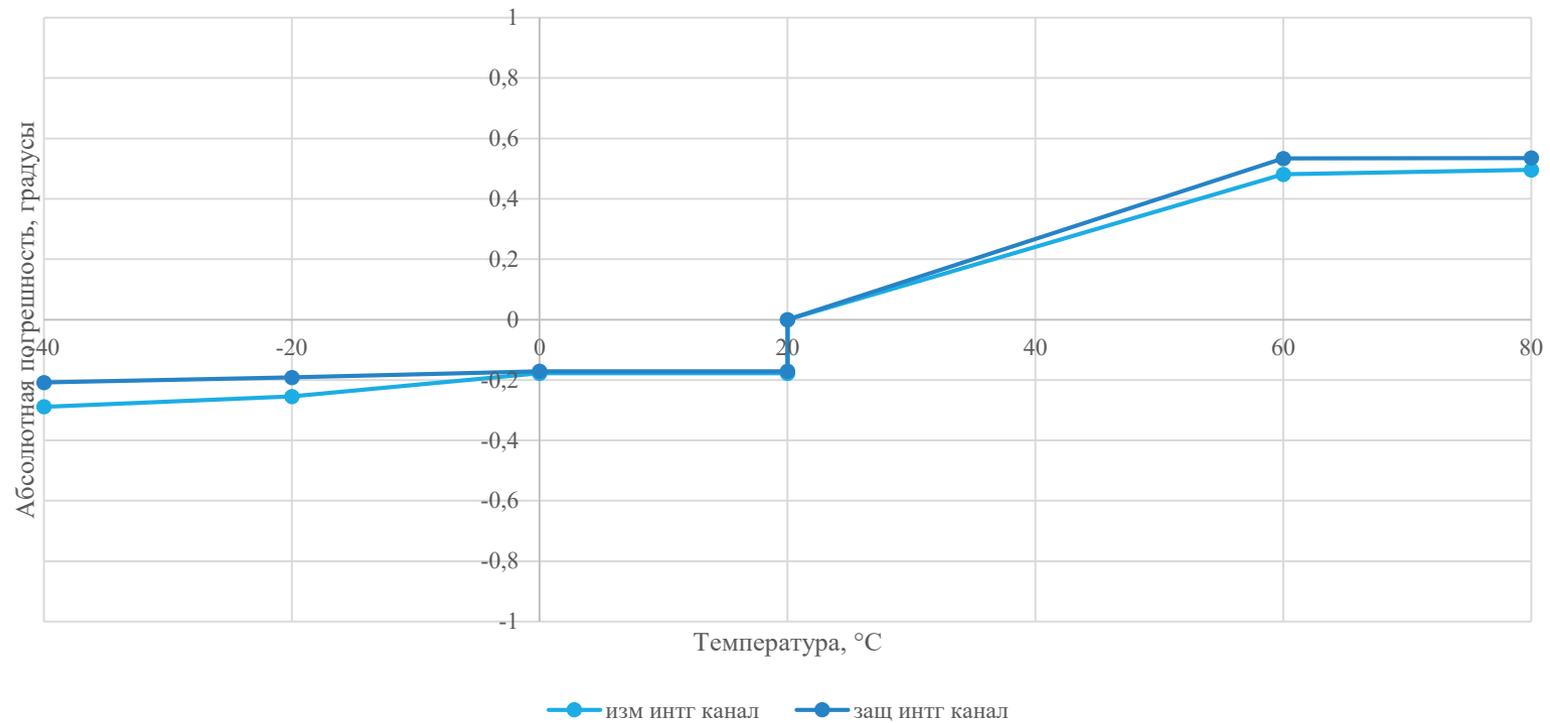
# Итоговые результаты испытаний ЕСИТ-1

Абсолютная погрешность угла от температуры (измерительный канал)



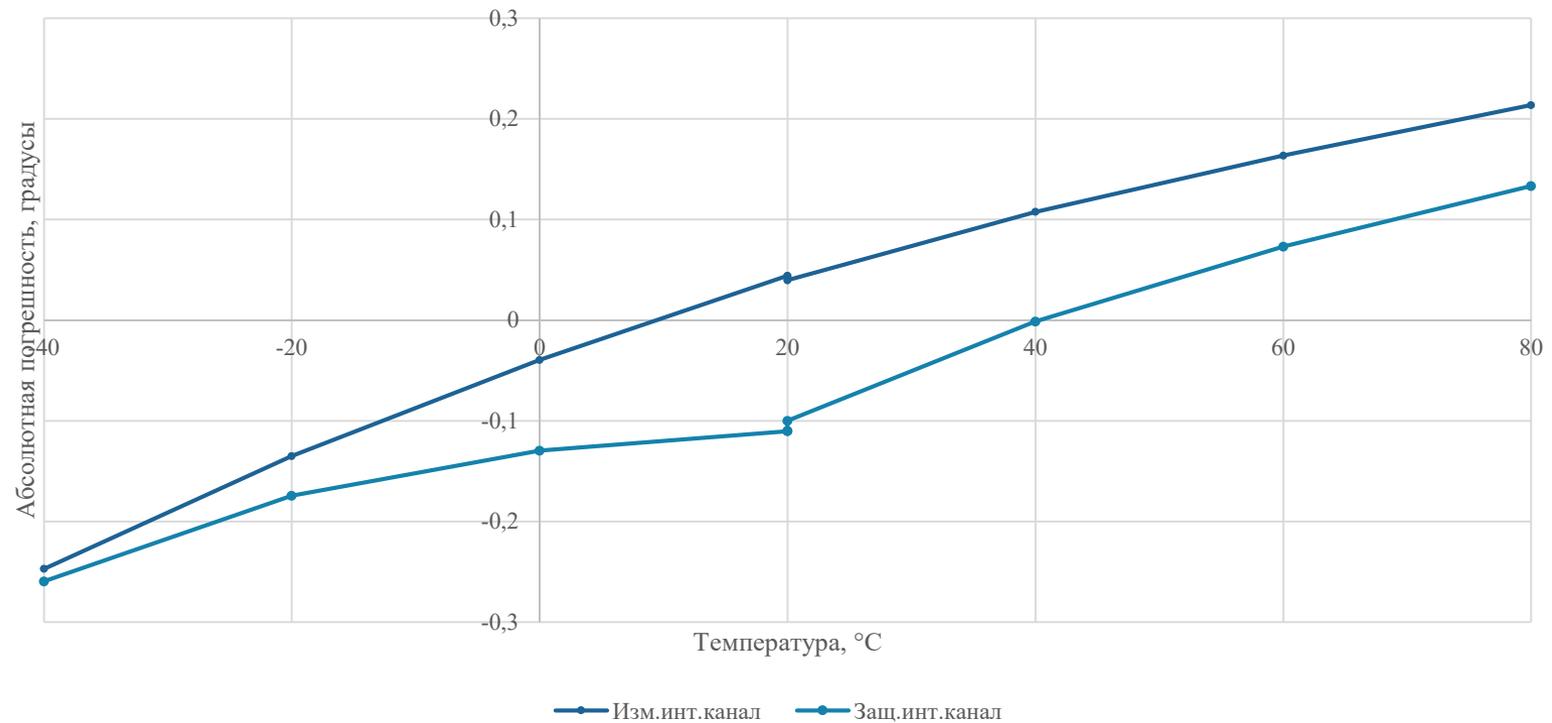
# Результаты испытаний ЕСИТ-2

Зависимость угловой погрешности тока от температуры



# Результаты испытаний ЕСИТ-3

Зависимость угловой погрешности тока от температуры



# Результаты испытаний ЕСИТ-2

Зависимость погрешности силы тока от температуры

