



Исследование точности комбинированного измерительного трансформатора с функцией счетчика электрической энергии

В.А. Зборовский
Инженер по метрологии
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»
Руководитель: Р.С. Плакидин

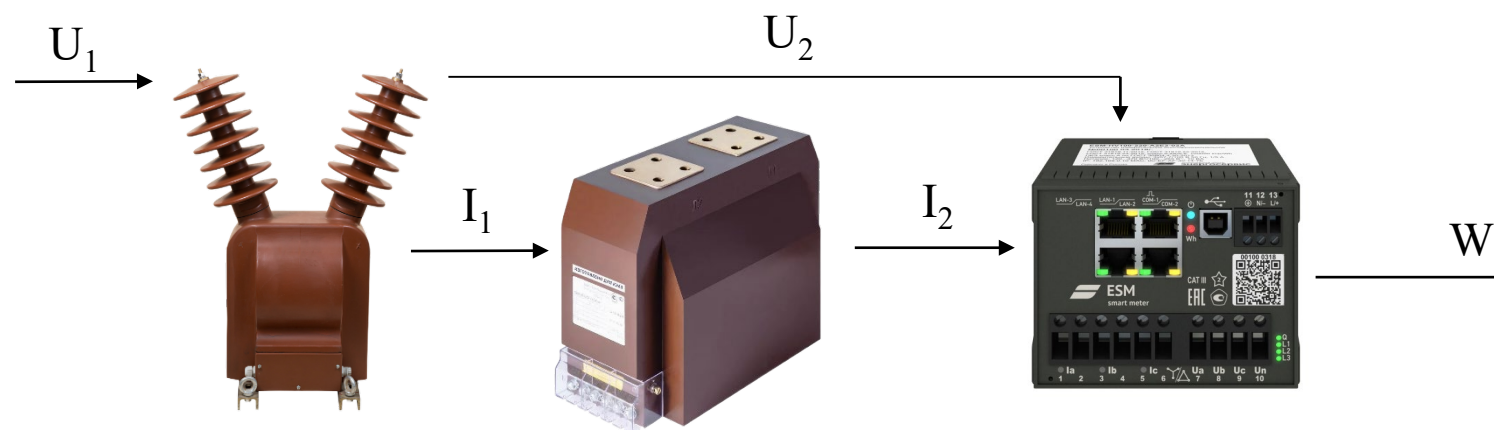
Архангельск
17 декабря 2025

Введение

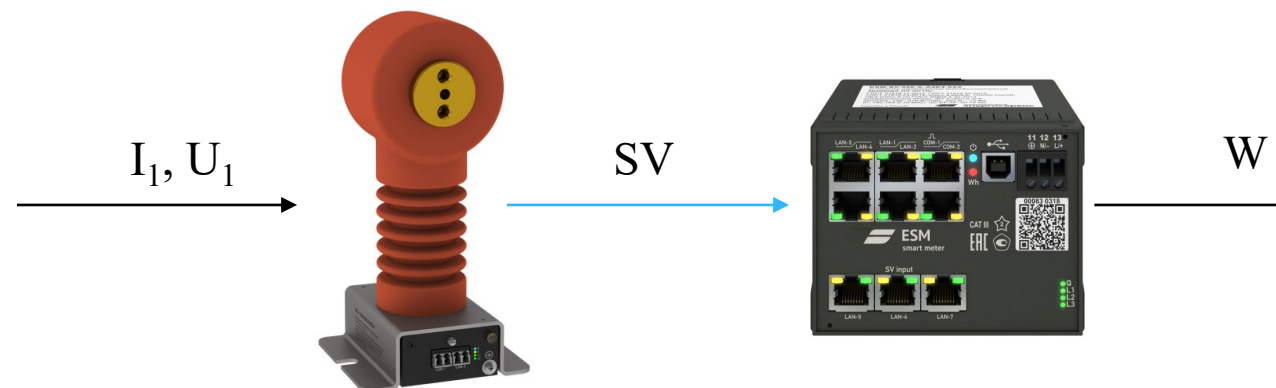


Наименование характеристики	Значение
Диапазон номинального напряжения переменного тока $U_{\text{ном}}$, В	от $3000/\sqrt{3}$ до $16000/\sqrt{3}$
Класс точности по напряжению для измерений/защиты по ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010	0,5/3P
Номинальный первичный ток $I_{\text{ном}}$, А	50
Номинальный расширенный первичный ток $I_{\text{рст}}$, А	1000
Класс точности по току для измерений/защиты по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	0,5S/5PR
Пределы допускаемой абсолютной угловой погрешности сдвига фаз между напряжением и током (для измерений/защиты), мин	15/30
Ток секундной термической стойкости I_{th} , кА	25
Ток электродинамической стойкости I_{dyn} , кА	63
Количество измеряемых фаз	1
Тип входа синхронизации времени	1PPS, IRIG, PTP

Традиционные
измерительные
трансформаторы
тока и напряжения

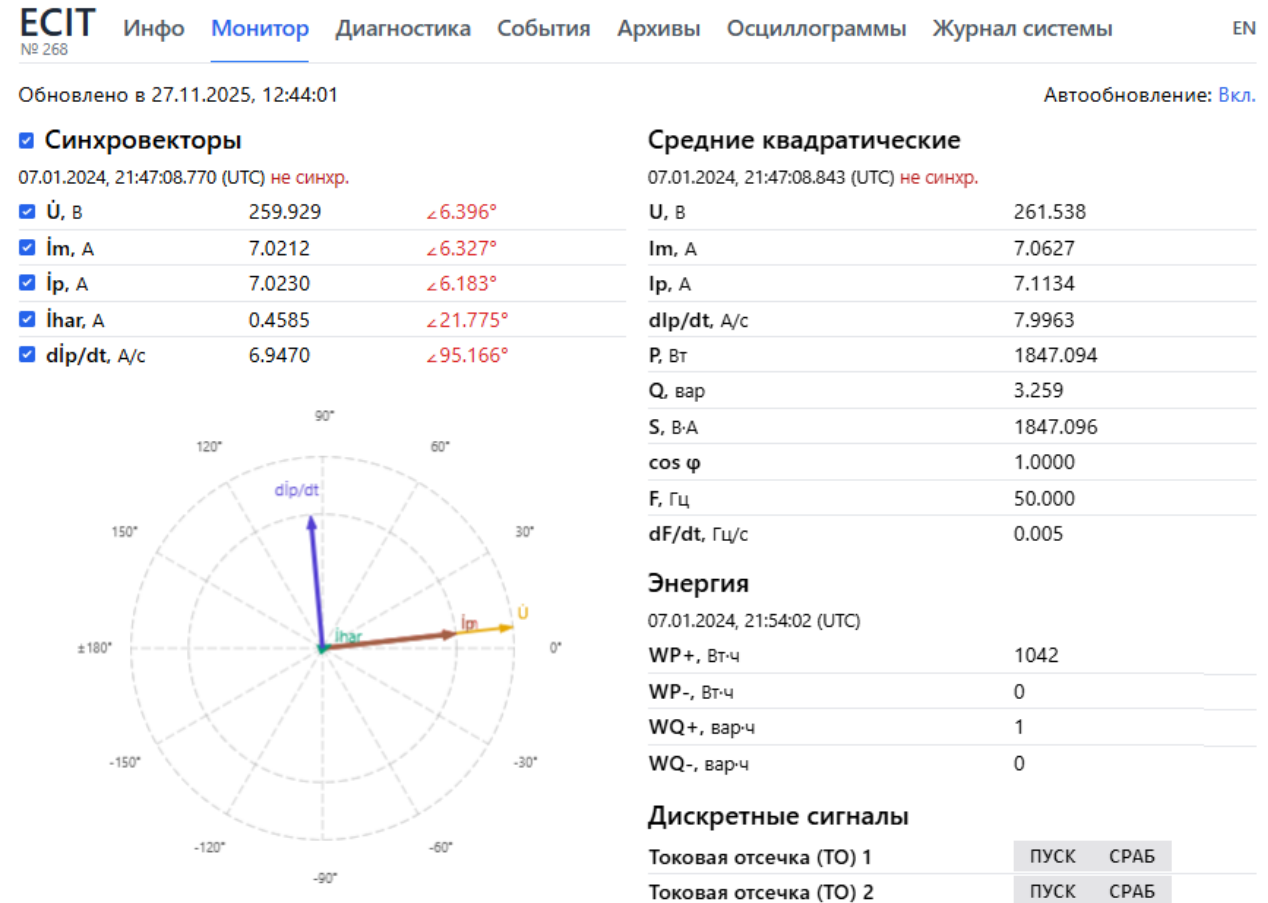


Цифровой
измерительный
трансформатор тока
и напряжения



В данной работе исследуется подход, при котором функция расчета накопленной активной, реактивно и полной энергии реализуется непосредственно в вычислительном модуле цифрового трансформатора. Это преобразует трансформатор из простого источника данных в законченное измерительное решение — трансформатор с интегрированным вычислителем энергии.

Цель работы — экспериментально доказать, что перенос функции расчета энергии в цифровой трансформатор позволяет исключить внешний цифровой счетчик из цепи учета без снижения точности измерения электрической энергии.

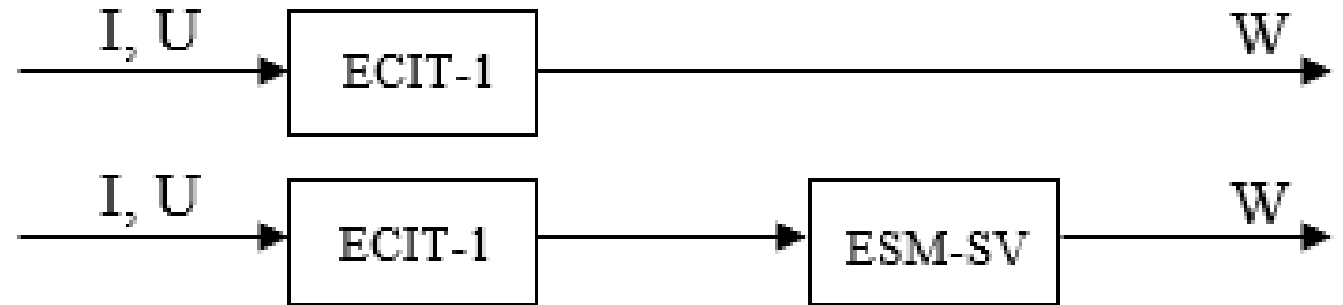


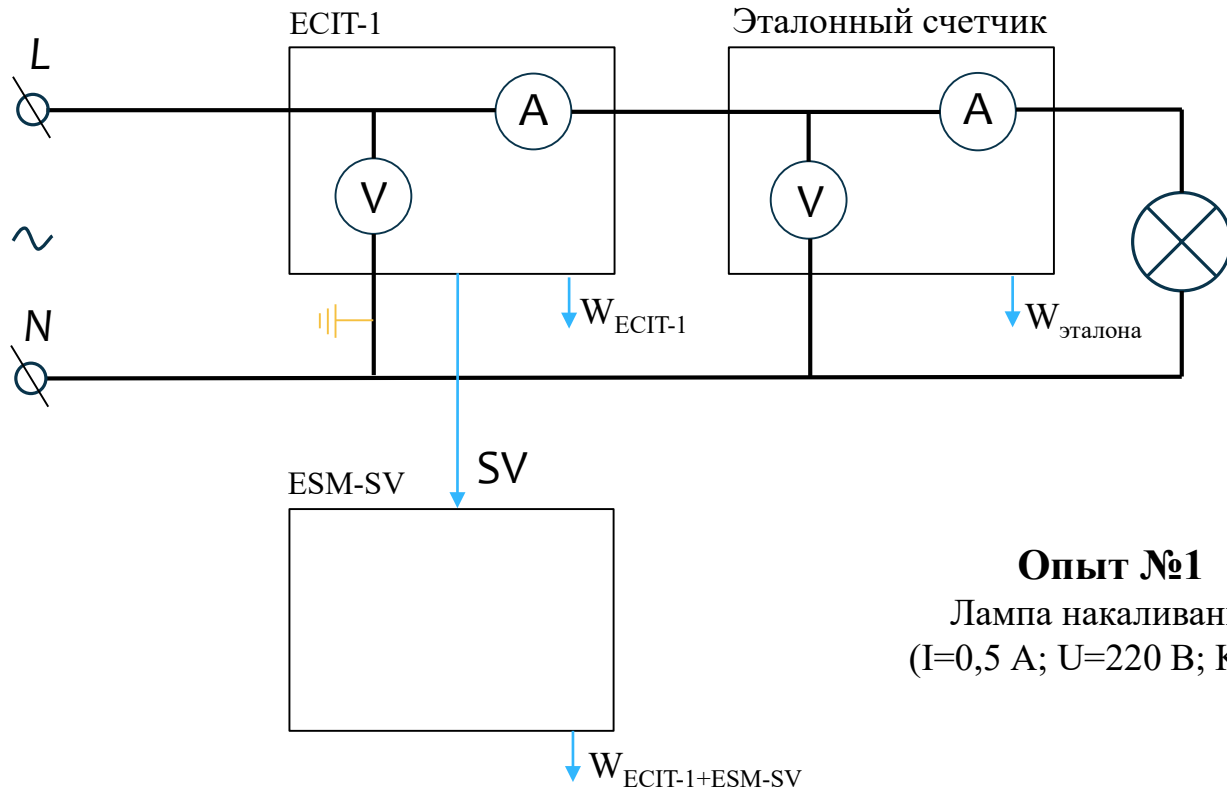


ESM-SV-220-02A

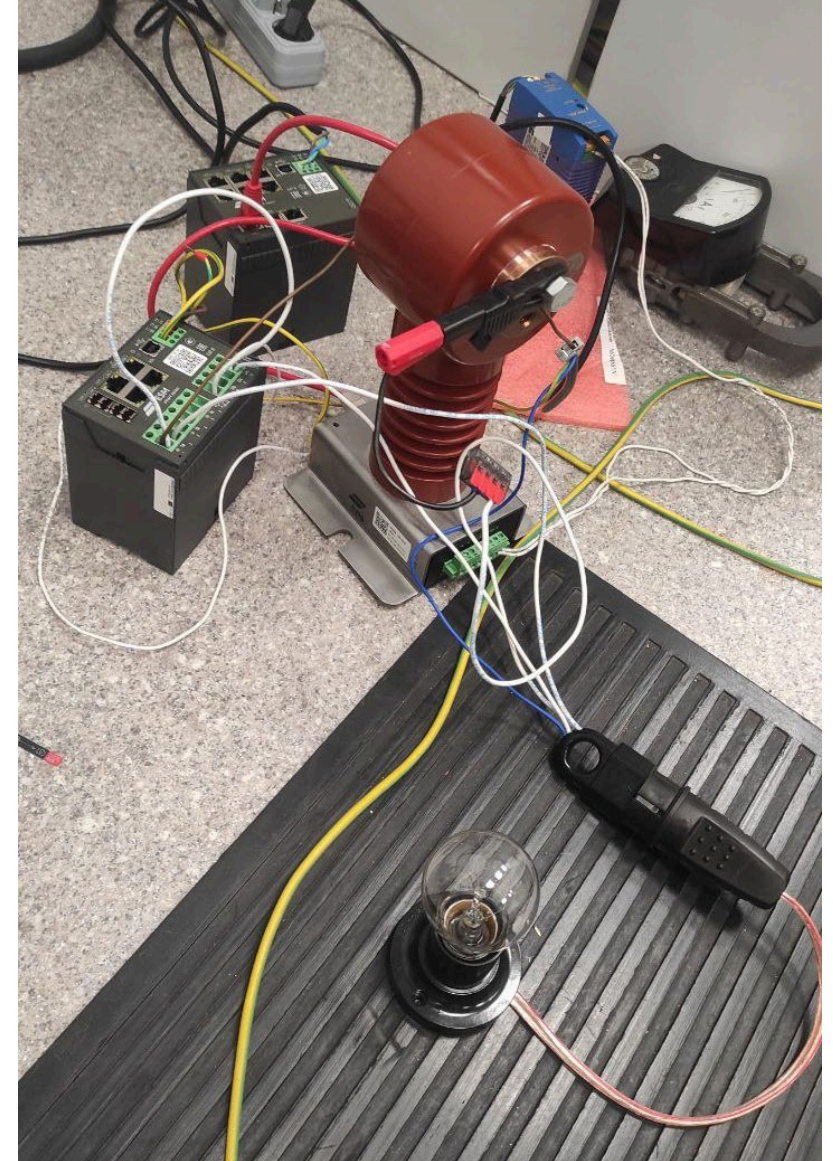


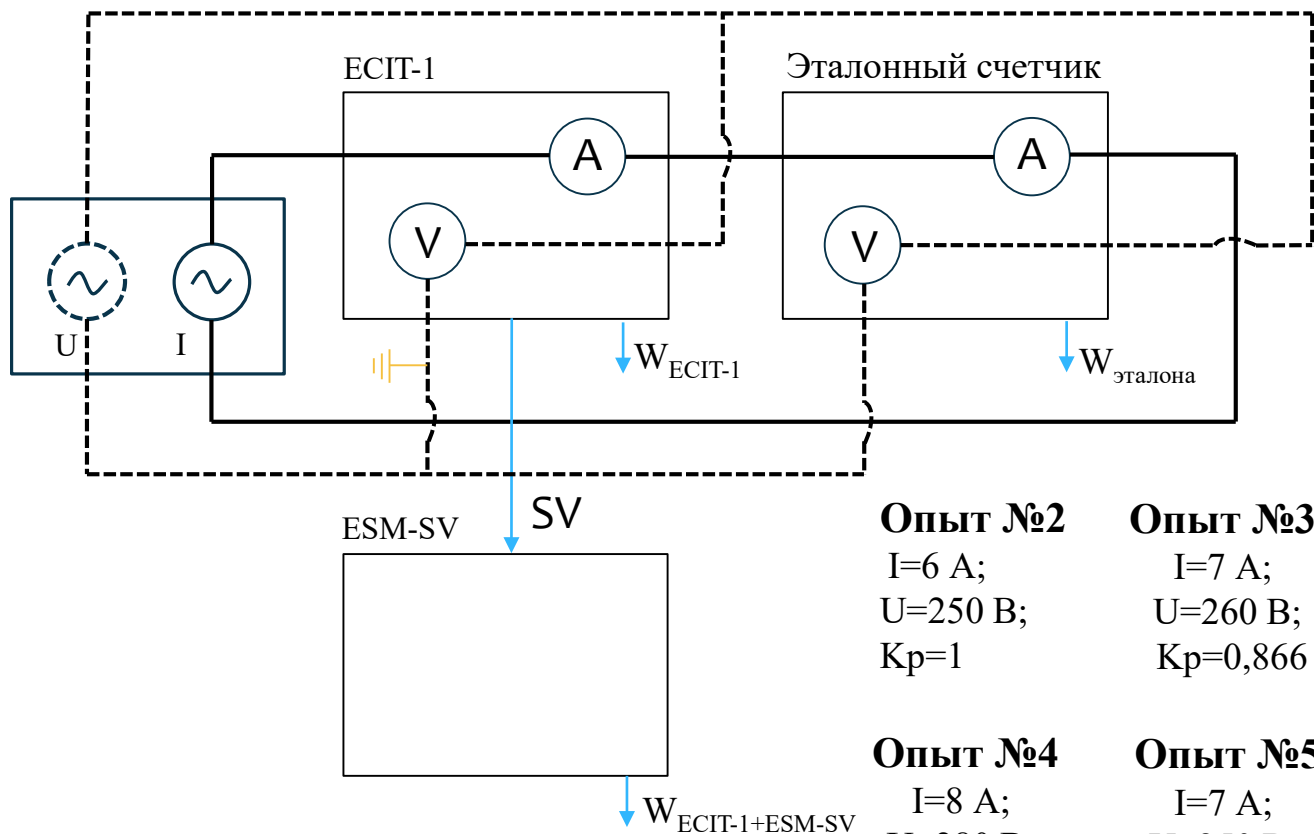
ECIT-1-15-50(1000)-24





Опыт №1
Лампа накаливания
($I=0,5$ А; $U=220$ В; $K_p=1$)



**Опыт №2**

$I=6$ А;
 $U=250$ В;
 $K_p=1$

Опыт №3

$I=7$ А;
 $U=260$ В;
 $K_p=0,866$

Опыт №4

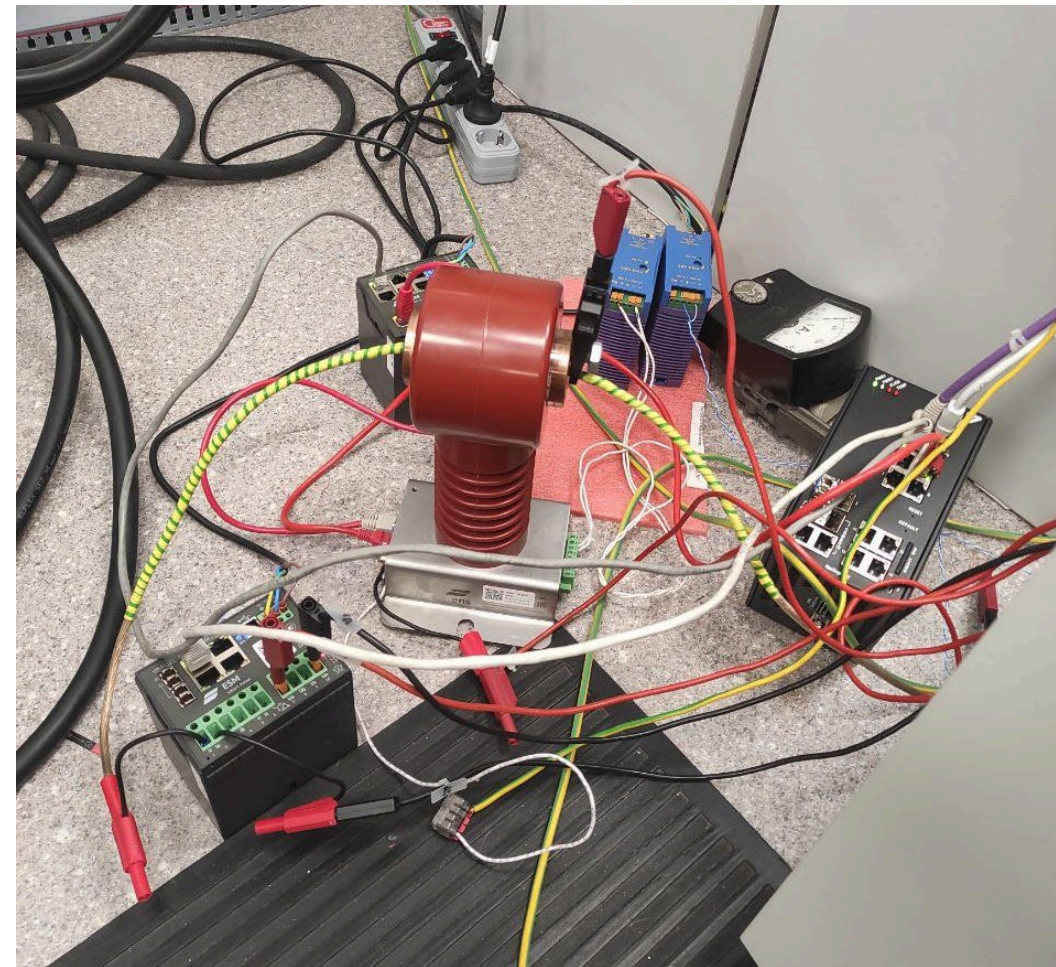
$I=8$ А;
 $U=280$ В;
 $K_p=0,5$

Опыт №5

$I=7$ А;
 $U=250$ В;
 $K_p=1$

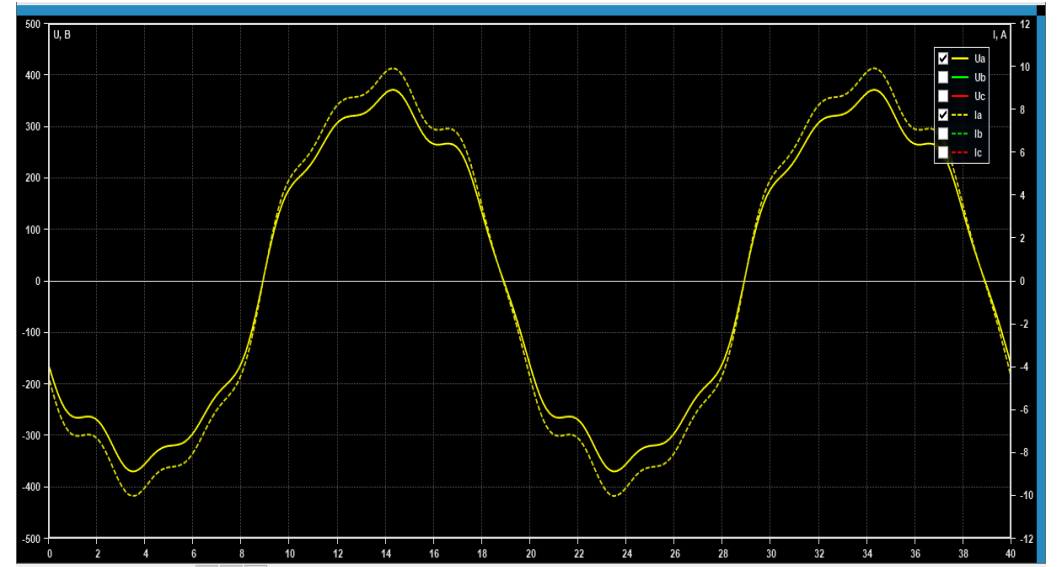
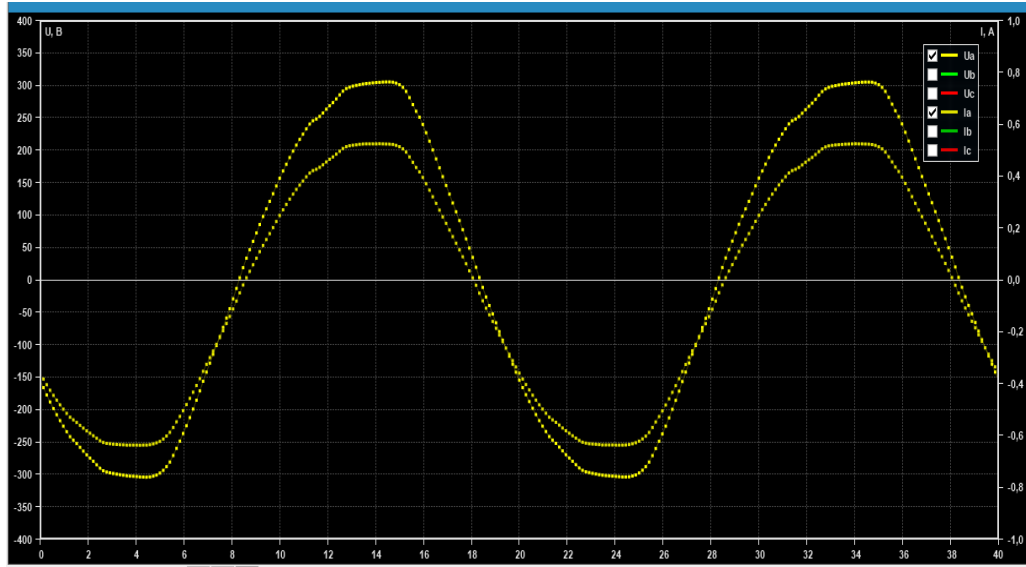
Гармоники:

3 гармоника $U, I = 8\%$;
 5 гармоника $U, I = 6\%$;
 8 гармоника $U, I = 5\%$

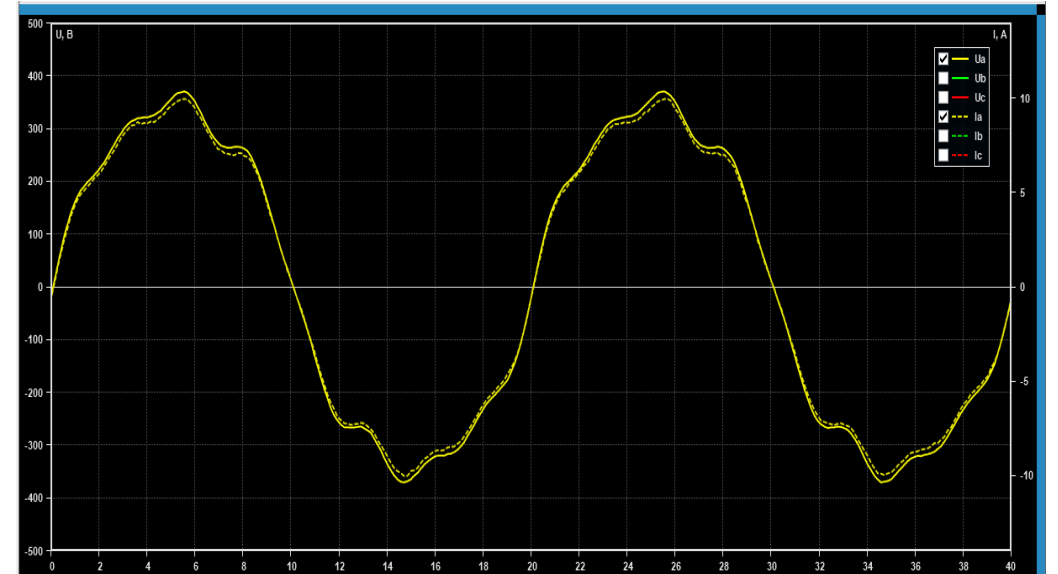
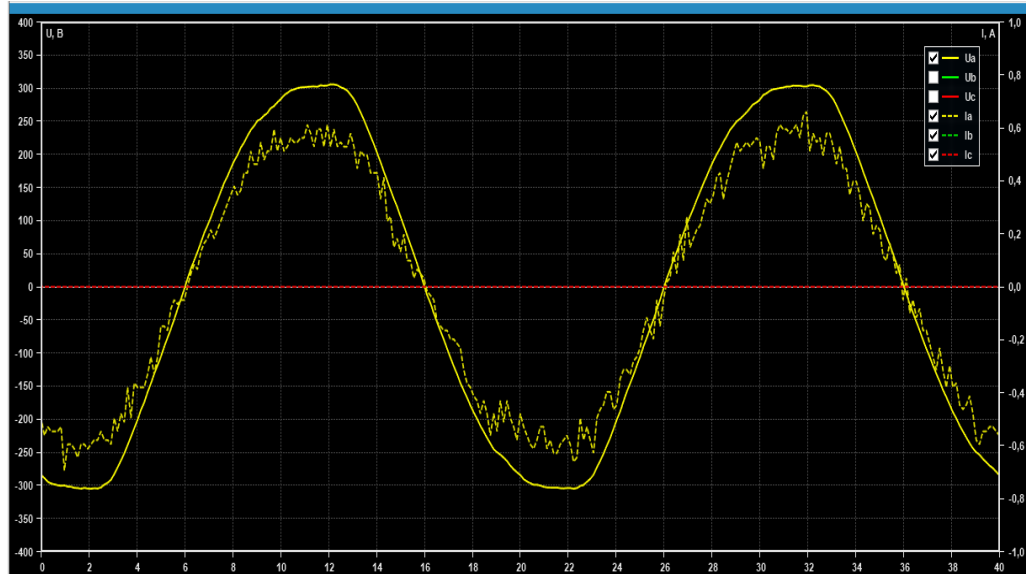


8 Пример измеряемых сигналов напряжения и силы переменного тока

ЭТАЛОН
(Опыт №1
Опыт № 5)



ESM-SV
+ ECIT-1
(Опыт №1
Опыт № 5)



№ опыта	$\delta U, \%$	$\delta I, \%$	$\delta K_p, \%$	$\delta P, \%$	$\delta Q, \%$	$\delta W_p, \%$	$\delta W_Q, \%$	$\delta W_s, \%$
1	-0,025	0,293	-0,430	0,855	-	0,194	-	0,194
						0,188		0,188
						0,230		0,230
						0,270		0,270
2	-0,097	0,325	-0,100	0,235	-	0,304	-	0,304
						0,228		0,228
						0,185		0,185
3	-0,111	0,313	0,693	0,142	0,372	-0,012	0,120	0,021
4	-0,049	0,358	-0,700	0,116	0,372	0,112	0,403	0,330
5	-0,055	0,339	0,000	0,268	-	0,217	-	0,217

График относительной погрешности активной энергии

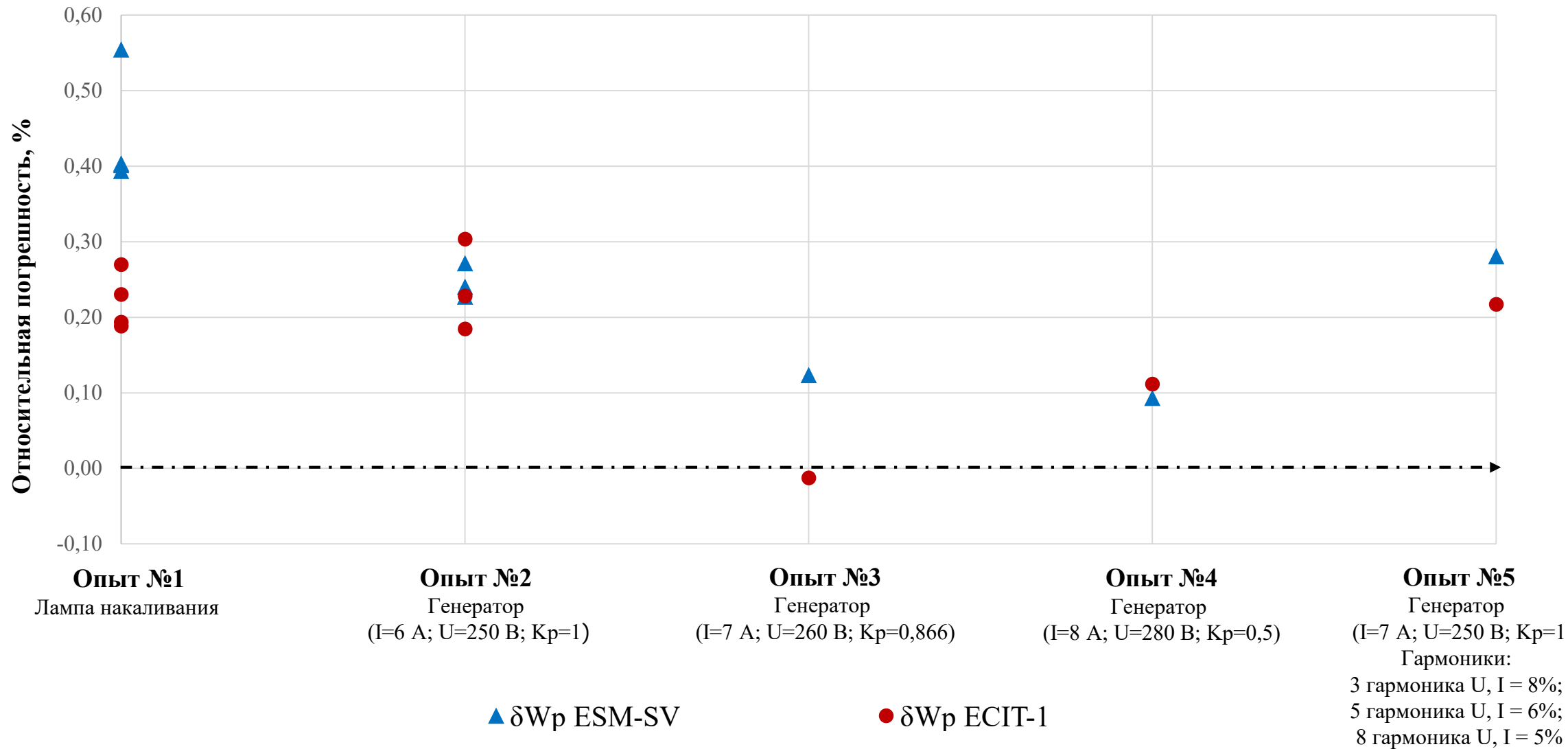


График относительной погрешности реактивной энергии

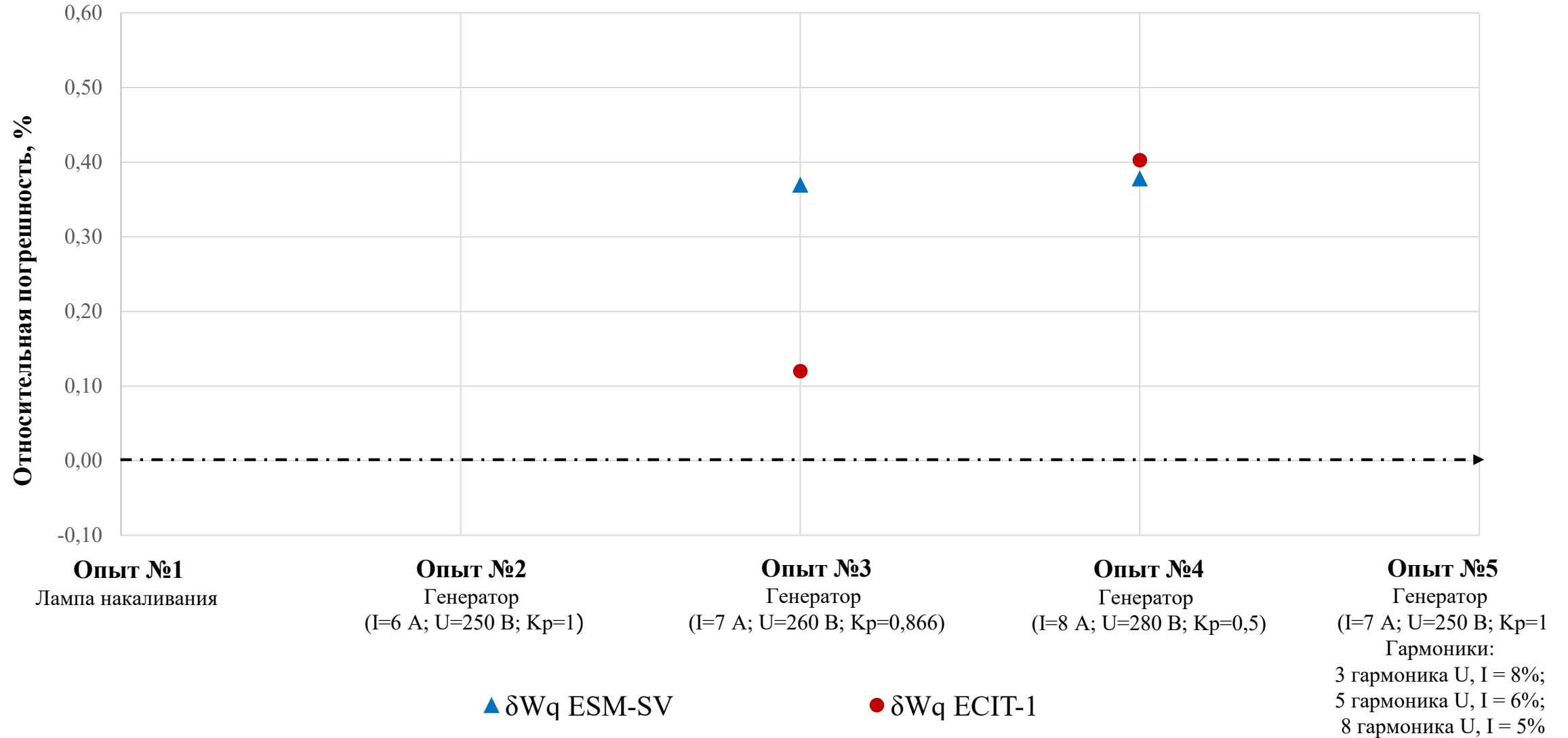
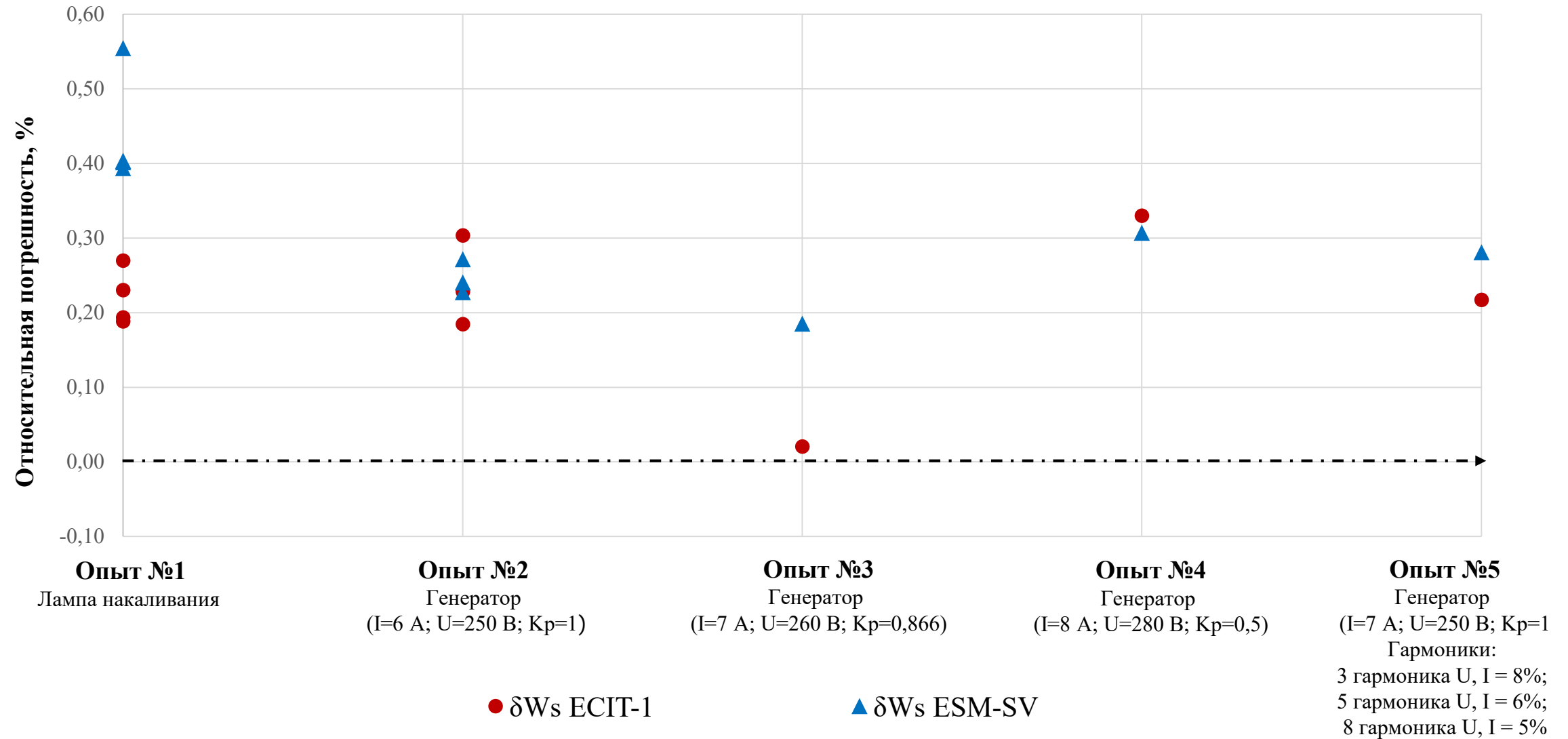


График относительной погрешности полной энергии

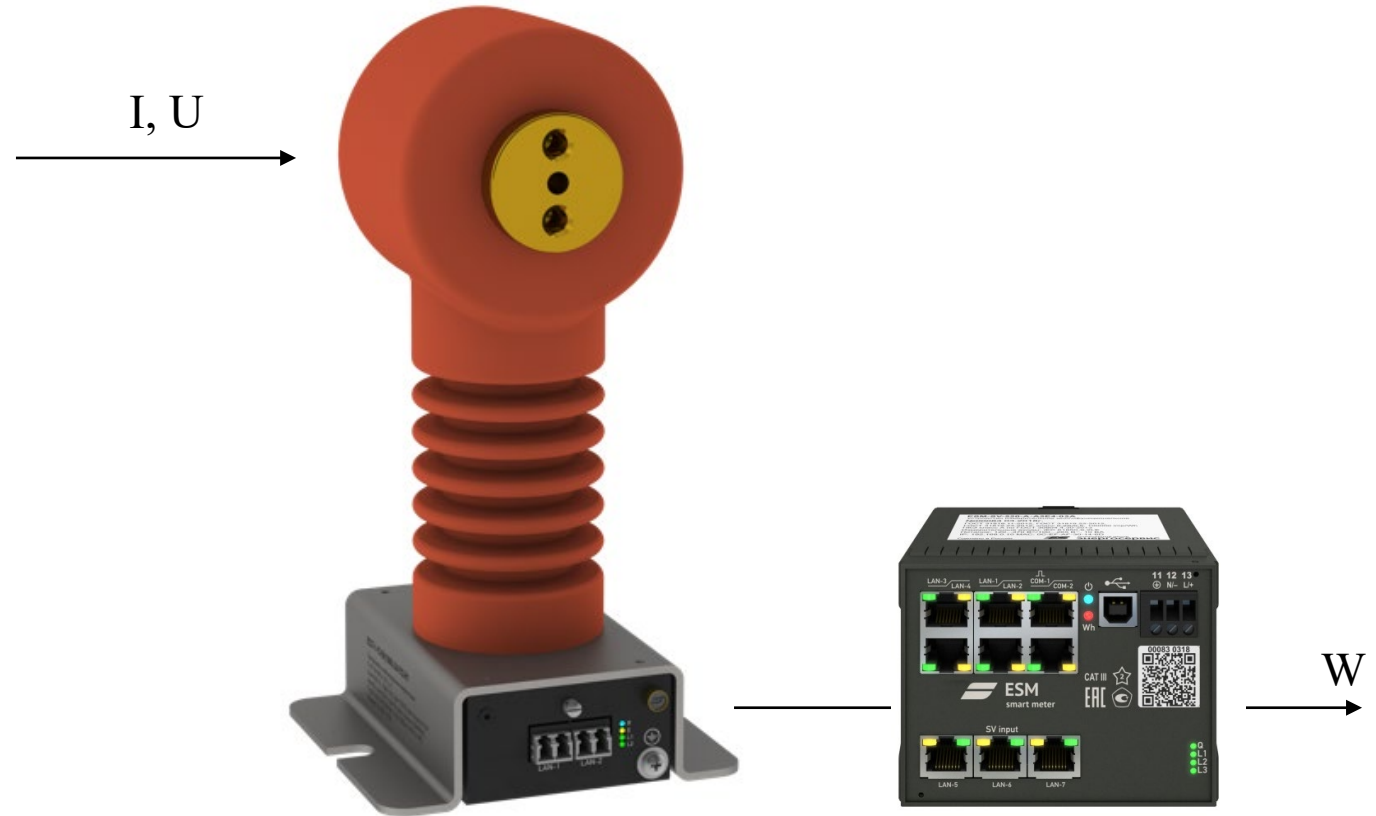


Итоги исследования:

Полученные данные являются техническим обоснованием для **упрощения архитектуры** измерительного канала.

Функциональность внешнего цифрового счетчика в будущем может быть успешно **интегрирована в цифровой трансформатор**.

Это позволит исключить одно устройство из цепи учета без ухудшения метрологических характеристик, что ведет к **снижению стоимости, снижению сложности** и повышению надежности системы в целом.



ЕСИТ-1
ФИФ № 94207-24



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

В.А. Зборовский
v.zborovskiy@ens.ru

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

Архангельск
17 декабря 2025