

Опыт эксплуатации ОТ на ПП Тобол. Перспективы применения ОТ в магистральных сетях

Начальник управления

Развития РЗА и Метрологии

Департамента РЗА метрологии и АСУ ТП

Шеметов А.С.



Согласно СТО 56947007-29.240.10.299-2020 выделяют 3 архитектуры ЦПС, особенности каждой из которых можно представить в таблице:

	Архитектура I	Архитектура II	Архитектура III
Использование протокола MMS	Да	Да	Да
Использование протокола GOOSE	Нет	Да	Да
Использование протокола Sampled Values	Нет	Нет	Да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на подстанционном уровне	Да	Да	Да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на уровне присоединения	Да	Да	Да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на полевом уровне	Нет	Да	Да
Использование ШПДС	Нет	Да	Да
Использование ШПАС	Нет	Нет	Да
Использование ЦТТ и ЦТН, работающих по протоколу Sampled Values	Нет	Нет	Да

Архитектура III предполагает применение протокола Sampled Values для передачи данных измерений токов и напряжений от ЦТТ и ЦТН для классов напряжений 110 кВ и выше.



Основные требования к цифровым измерительным трансформаторам:

1. ЦТН устанавливаются по тем же правилам, что и традиционные
2. Для ЦТТ используется укороченная шкала диапазонов номинальных токов, в которых ЦТТ может работать в рамках заявленного класса точности.

К метрологическим характеристикам ЦТТ в различных исполнениях номинальных токов предъявляются следующие требования:

Измерения для АИИСКУЭ, АСУТП, ПКЭ

Диапазоны измерения тока	Исполнение 1И (I _{макс} = 250 – 1000А)			Исполнение 2И (I _{макс} = 800 – 4000А)		
	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность
Нижний диапазон	0,75	2,5	30'	0,75	8	30'
	0,35	12,5	15'	0,35	40	15'
	0,2	50	10'	0,2	160	10'
Верхняя граница	0,2	1200	10'	0,2	4800	10'
	0,5	1500	20'	0,5	6400	20'

Измерения для РЗА

Диапазоны измерения тока	Исполнение 1Р (для РЗА ВЛ и Т)			Исполнение 2Р (для РЗА ВЛ и стороны НН АТ)		
	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность
Нижняя граница точности	10	10	240'	10	30	240'
	5	20	120'	5	80	120'
	1	40	60'	1	110	60'
Верхняя граница точности	1	36000	60'	1	100000	60'
	5	50000	120'	5	126000	120'
	10	55000	240'	10	140000	240'
	30	90000	640'	30	200000	640'

Измерения для АИИСКУЭ, АСУТП, ПКЭ и РЗА

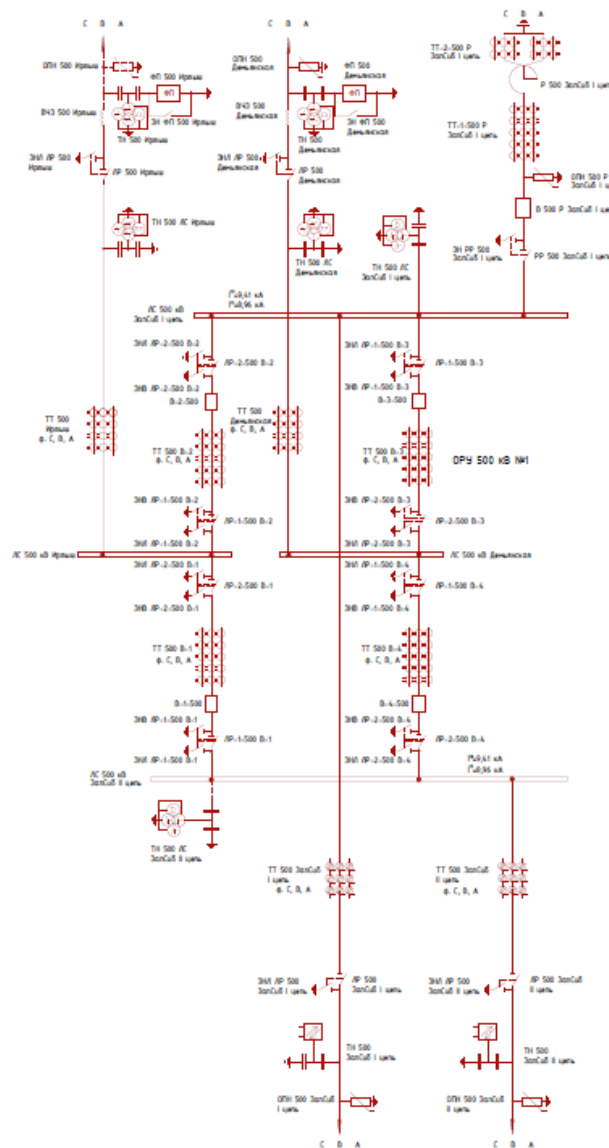
Диапазоны измерения тока	Исполнение 1ИР (для РЗА ВЛ и Т)			Исполнение 2ИР (для РЗА ВЛ и стороны НН АТ)		
	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность	погрешность, %	значение тока, А действ.	Угловая погрешность
Нижняя граница точности	0,75	2,5	30'	0,75	8	30'
	0,35	12,5	15'	0,35	40	15'
	0,2	50	10'	0,2	160	10'
	0,2	1200	10'	0,2	4800	10'
	0,5	1500	20'	0,5	6400	20'
Верхняя граница точности	1	36000	60'	1	100000	60'
	5	50000	120'	5	126000	120'
	10	55000	240'	10	140000	240'
	30	90000	640'	30*	200000	640'



Первый опыт реализации III архитектуры был получен при строительстве ПП 500 кВ «Тобол», необходимого для питания ЦРП 500/110 кВ «Западно-Сибирского комплекса глубокой переработки углеводородного сырья (УВС) в полиолефины мощность 2,0 млн. тонн в год с соответствующими объектами общезаводского хозяйства (ОЗХ)»

ПП 500 кВ «Тобол» выполнен в виде двух отдельных ОРУ 500 кВ, каждый со схемой 500-7 «Четырехугольник».

На ОРУ 500 кВ №1 в цепях ВЛ 500 кВ Тобол – ЗапСиб I цепь и ВЛ 500 кВ Тобол – ЗапСиб II установлены электронно-оптические трансформаторы тока и напряжения и реализованы цифровые системы защит, учёта электроэнергии и регистрации аварийных событий.



На данный момент перечень устройств, составляющих комплекс ЦПС следующий:

№	Наименование	Поставщик	Кол-во	Примечание
1	ТТЭО-Ш500-3-100(300)-0,2s-5ТРЕ65-УХЛ1-Т-АМ-В	АО "Профотек"	2	
2	ДНЕЭ-500-3-0,2-3Р- УХЛ1-Т-АМ-В-Р	АО "Профотек"	2	
3	КСЗ ШЭ2710 521	ООО НПП "Экра"	2	
4	РАС ШЭ2607 900	ООО НПП "Экра"	1	
5	ЭНИП-2-0-220-А1Е4-13	ООО ИЦ "Энергосервис"	2	
6	ENMU	ООО ИЦ "Энергосервис"	2	
7	ESM-SV	ООО ИЦ "Энергосервис"	2	
8	Redbox	ООО "Сименс"	2	
9	Redbox	ООО "Феникс контакт РУС"	2	
10	Медиаконвертер RUGGEDCOM RMC	ООО "Сименс"	2	
11	Синхронный приемопередатчик Sync-Transceiver	ООО "Сименс"	1	
12	Коммутатор Ruggedcom RSG2488	ООО "Сименс"	7	
13	Коммутатор Ruggedcom RSG2300	ООО "Сименс"	10	
14	Siprotec 5	ООО "Сименс"	1	
15	Преобразователь интерфейса MEINBERG	"MEIBBERG" GmbH&Co.KG	2	
16	TOP 300 КСЗ 813	ООО «Релематика»	2	
17	ARIS EM45	ООО "Прософт"	2	
18	Сервер времени СВ-04	ООО НПП "Экра"	1	2 модуля

Проблема	Источник	Возможные причины	Статус
Недостаточная проработка цифровой части в изначальном проекте.	Проектная документация	Недостаток опыта подрядчика, отсутствие НТД на момент проектирования	Устранена. Разработан Технорабочий проект «Информационная подсистема ЦПС ЕНЭС ПС 500кВ Тобол», устранивший данные недостатки
Единичные недостоверные значения в потоке цепей напряжения, которые фиксируются только РАС «ЭКРА» и КСЗ «Релематика» причем с несовпадением по времени, пуск по 3Uo	ДНЕЭ-500 кВ	Выносной модуль ДНЕЭ	Не устранена. Планируется замена на новую версию
Проблемы с ЭМС электронной части электронно-оптических трансформаторов тока	ТТЭО-500, ДНЕЭ 500	Влияние ВЧ помех, приходящих в ЭОБ по цепям питания	Устранена. Проведена доработка -установлены фильтры питания, заменена система заземления в шкафах электронно-оптических блоков.
Периодическое появление сигналов «Неисправность 9-2», искажение формы синусоиды по каналам цепей напряжения	ИЭУ, СОЕВ	Сбой коммутаторов/ сбой серверов времени.	Частично устранена. Обновлены прошивки СОЕВ. Система в процессе мониторинга. Невозможно определить точную причину сигнала «Неисправность 9-2», т.к. РАС не регистрирует флаги (синхронизация, валидность, пропажа потока и т.д.)



Опыт постановки АТ под напряжение

Для оценки работоспособности информационной подсистемы в целом, а также для сравнения рабочих характеристик измерительных трансформаторов во время броска намагничивающего тока (БНТ) был проведен опыт постановки АТ-2 250 МВА под напряжение.

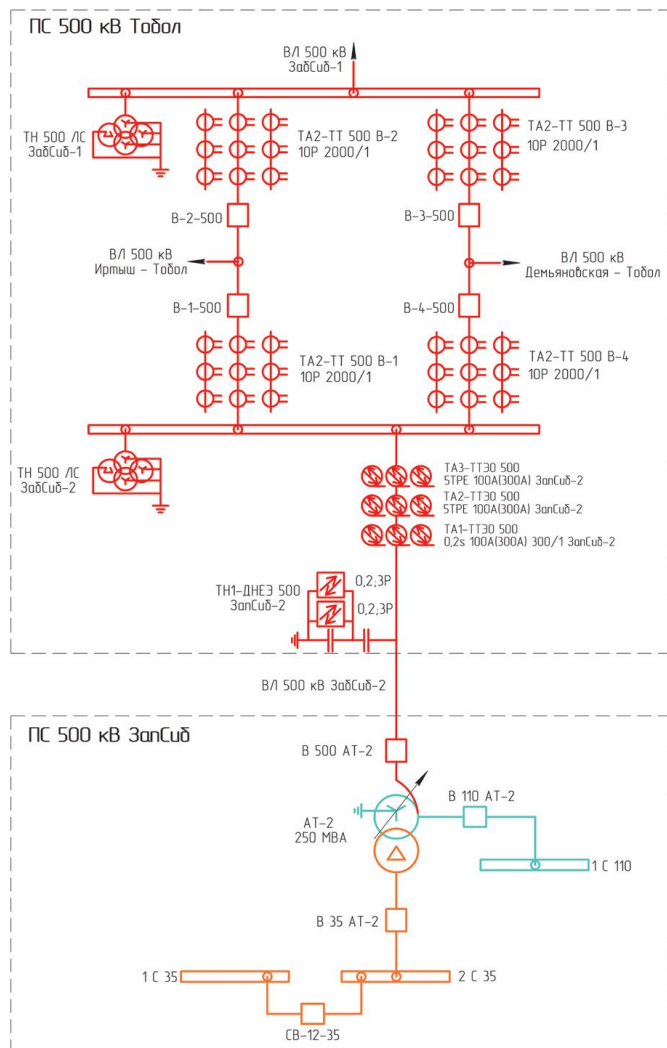
Осциллограммы для анализа, были записаны регистратором аварийных событий (РАС), который позволяет регистрировать аналоговые и цифровые значения одновременно. При этом РАС подключен на сумму токов по двум плечам (В-1 и В-4) для получения значений аналогового тока на ВЛ 500 кВ ЗапСиб-2.

Основные выводы по результатам анализа осциллограмм:

1. Сравнительный анализ работы электромагнитных и оптических ТТ во время БНТ при постановке АТ-2 250 МВА под напряжение показал явные преимущества оптических ТТ. Это обусловлено отсутствием в оптическом ТТ явления намагничивания, что позволяет, в свою очередь, получать с них более достоверные данные о состоянии работы сети без искажений.

2. Гармонический анализ показал, что уровень передачи DC-составляющей для оптических ТТ выше по сравнению с электромагнитными ТТ.

При этом наблюдается снижение пикового значения, а также уменьшение действующего значения тока (RMS). DC-составляющая с электромагнитного ТТ со временем затухает, искажая тем самым представление терминалов РЗА о переходном процессе в системе. Таким образом, оптические ТТ потенциально позволяет выполнить дифференциальную защиту Т (АТ) с повышенной чувствительностью и быстродействием.



Условные обозначения:

- трансформатор тока электронный оптический (ТТ30);
- делитель напряжения емкостной электронный (ДНЕЗ);

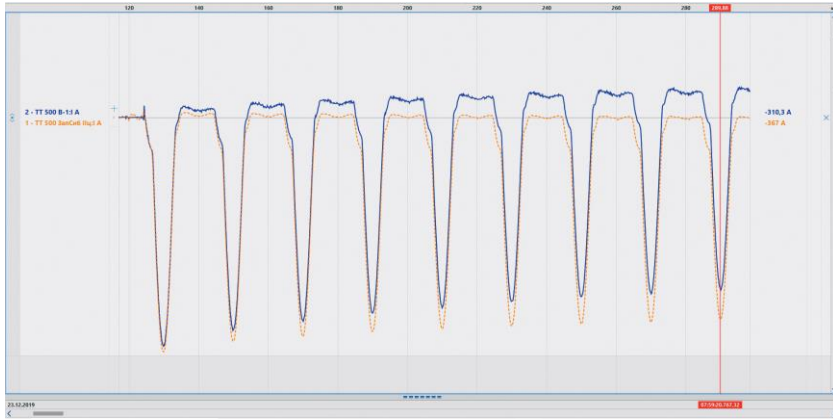


Рис.1 Насыщение электромагнитных ТТ (синий цвет) и оптических (желтый цвет) ТТ

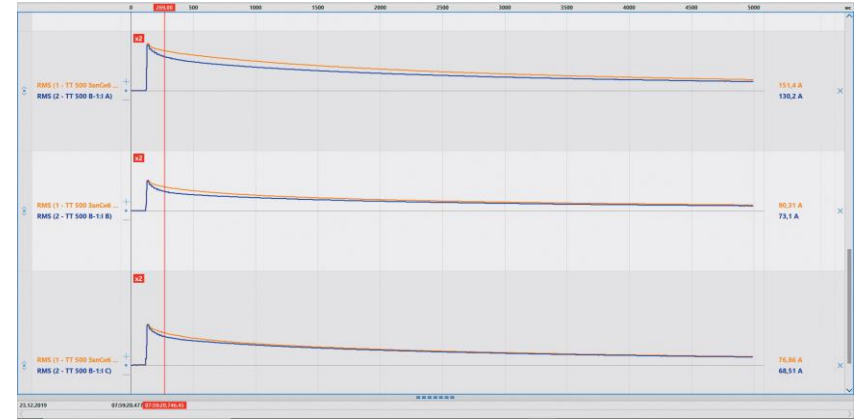


Рис.2 Разница действующего значения БНТ для с электромагнитных ТТ (синий цвет) и оптических (желтый цвет) ТТ

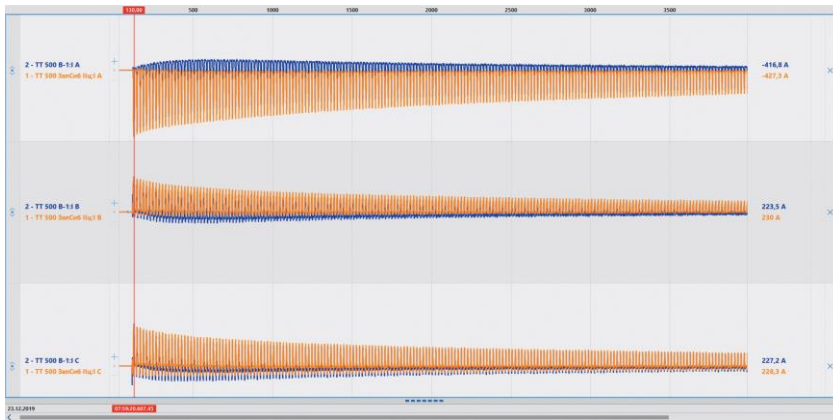


Рис.3 Смещение кривой тока на электромагнитных ТТ (синий цвет) относительно кривой тока с оптических ТТ (желтый цвет)



Рис.4 Гармонический состав электромагнитных ТТ (синий цвет) и оптических ТТ (желтый цвет) в момент времени равный 400 мс

1. Система ЦПС на ПП Тобол продолжает функционирование в рамках опытной эксплуатации, с сохранением действия всех устройств на сигнал.
 2. По-прежнему остается ряд вопросов в части синхронизации времени и регистрации аварийных событий.
 3. Рабочая группа, состоящая из представителей ПАО «ФСК» и представителей производителей оборудования продолжает совместную работу над устранением выявленных недостатков.
 4. Необходимо большее количество пилотных проектов с III архитектурой, в том числе и других классов напряжения, для выявления возможных проблем и отладки совместной работы ОТ и ИЭУ и стандартизации применяемых решений.
 5. Так же продолжает обсуждаться вопрос о проведении опыта КЗ на ВЛ 500 кВ, для еще более детального сравнения работы традиционных и оптических измерительных трансформаторов в переходных режимах.
- Это позволит дополнительно рассмотреть перспективы применения электронно-оптических трансформаторов в магистральных сетях.



Крайне важной перспективной разработкой является возможность автоматического мгновенного переключения терминала РЗА с основного SV-потока на резервный. Такое решение позволит значительно повысить надежность измерительных цепей в за счет:

- аппаратного резервирования ЭОБ
- резервирования ЛВС по PRP
- переключения между потоками

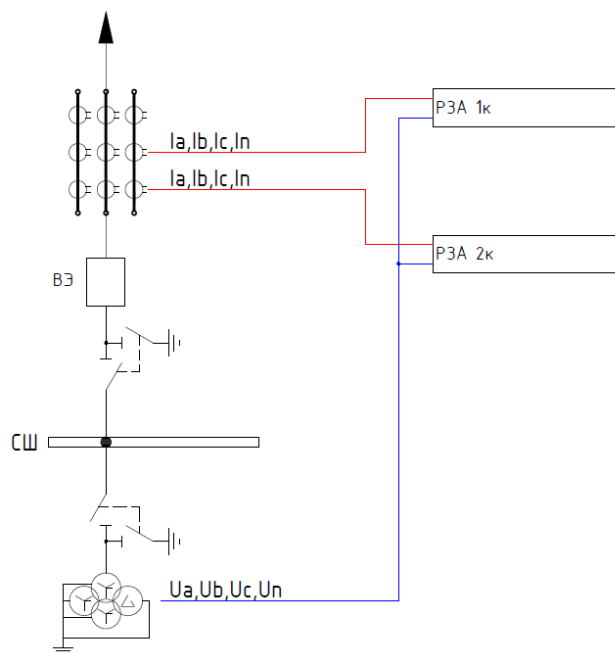


Рис.1 Традиционное распределение РЗА по ТТ и ТН

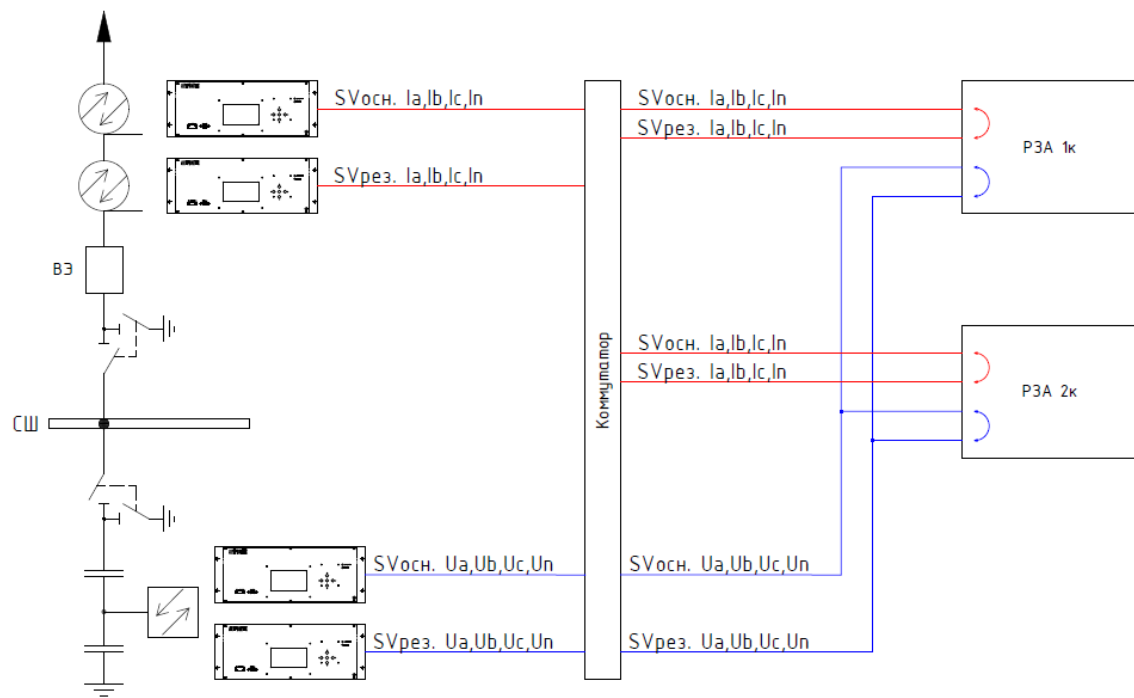


Рис.2 Перспективное распределение ИЭУ по ЦИТ