

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ **NXTPHASE**.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Оптические измерительные трансформаторы NXVCT/NXCT/NXVT предназначены для установки между фазой и землей в сетях с заземленной нейтралью.

Рассчитаны на работу в классах напряжений от 69кВ до 500 кВ с максимальным током до 4000 А при односекундном токе термической стойкости 63 кА и токе динамической стойкости 170 кА.

Благодаря конструкции датчиков тока и напряжения основанной на пассивных компонентах с использованием технологии оптических методов считывания, трансформаторы по целому ряду характеристик превосходят традиционные электромагнитные и емкостные трансформаторы.

Конструкция трансформаторов соответствует стандартам МЭК, а также национальным стандартам, принятым на их основе. Возможно изготовление трансформаторов, удовлетворяющих требованиям спецификаций заказчиков.

В трансформаторах тока оптическое волокно намотано вокруг токнесущего проводника. Анализируя изменение поляризации оптического сигнала по мере того, как ток проходит через токовую головку, датчик производит высокоточное измерение тока.

Технология считывания напряжения основана на эффекте Поггеля и связана с измерением эллиптичности поляризации, происходящей при воздействии электрического поля в нескольких датчиках, расположенных в определенных точках изоляционной колонны.

Все оборудование сертифицировано в России.



Сравнение характеристик традиционных и оптических измерительных трансформаторов. Метрологические характеристики.

	Традиционные	Оптические
1. Класс точности	ТТ-0,2S/ТН-0,2/5P	
2. Динамический диапазон в котором сохраняется класс точности	ТТ (1% - 120%) $I_{НОМ.}$ ТН (80% - 120%) $U_{НОМ.}$	ТТ (0,2% - 200%) $I_{НОМ.}$ ТН (50% - 200%) $U_{НОМ.}$ Перенастраиваемые пользователем коэффициенты трансформации по току и напряжению.
3. Ширина полосы пропускания	Не нормируется. Емкостные ТН имеют значительную неравномерность амплитудно-частотной характеристики вызванную наличием компенсирующего реактора. Частотная характеристика электромагнитных ТН имеет резонансные пики в области частот 1000-1600 Гц.	Линейность амплитудно-частотной в диапазоне от 30 Гц до 5 кГц позволяет осуществить контроль качества электрической энергии с возможностью оценки до 100 гармонических составляющих напряжения и тока в высоковольтных цепях. Сравнительные частотные характеристики трансформаторов приведены на Рисунке 1.

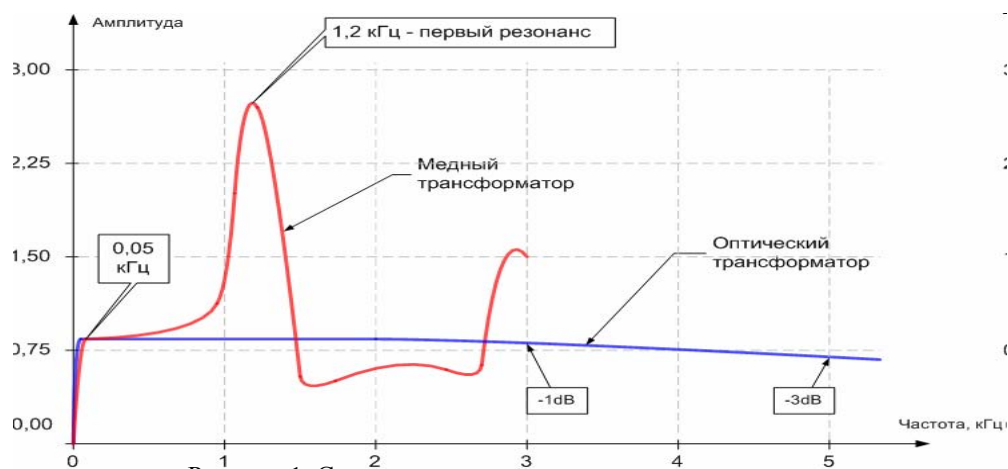


Рисунок 1. Сравнительные частотные характеристики

4. Требования по точности измерения гармонических составляющих для систем измерения	Не нормируется	<p><u>Нормируется в соответствии со стандартами IEC 60044-7 и IEC 60044-8</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Гармоники:</th> <th>По току</th> <th>По углу</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2-4</td> <td>2%</td> <td>2°</td> </tr> <tr> <td>5-6</td> <td>4%</td> <td>4°</td> </tr> <tr> <td>7-9</td> <td>8%</td> <td>8°</td> </tr> <tr> <td>11-13</td> <td>16%</td> <td>16°</td> </tr> </tbody> </table>	Гармоники:	По току	По углу	2-4	2%	2°	5-6	4%	4°	7-9	8%	8°	11-13	16%	16°
Гармоники:	По току	По углу															
2-4	2%	2°															
5-6	4%	4°															
7-9	8%	8°															
11-13	16%	16°															
5. Требования по точности измерения гармонических составляющих для систем защиты	Не нормируется	<p><u>Нормируется в соответствии со стандартами IEC 60044-7 и IEC 60044-8</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Гармоники:</th> <th>По току</th> <th>По углу</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/3 (16,7-20 Гц)</td> <td>10%</td> <td>10°</td> </tr> <tr> <td>2-5</td> <td>10%</td> <td>10°</td> </tr> </tbody> </table>	Гармоники:	По току	По углу	1/3 (16,7-20 Гц)	10%	10°	2-5	10%	10°						
Гармоники:	По току	По углу															
1/3 (16,7-20 Гц)	10%	10°															
2-5	10%	10°															
6. Погрешности токовых трансформаторов связанные с изменением первичного тока и нелинейностью амплитудной характеристики	В области малых токов ($I_{раб.} < 20\% I_{НОМ.}$) статические погрешности ТТ в зависимости от условий эксплуатации, могут достигать от десятых долей процента до единиц процентов.	Амплитудная характеристика линейна в диапазоне токов (0,2% - 200%) $I_{НОМ.}$. На Рисунке 2 приведены амплитудные и угловые характеристики оптического трансформатора тока. На Рисунке 3 приведены точностные характеристики трансформатора напряжения.															

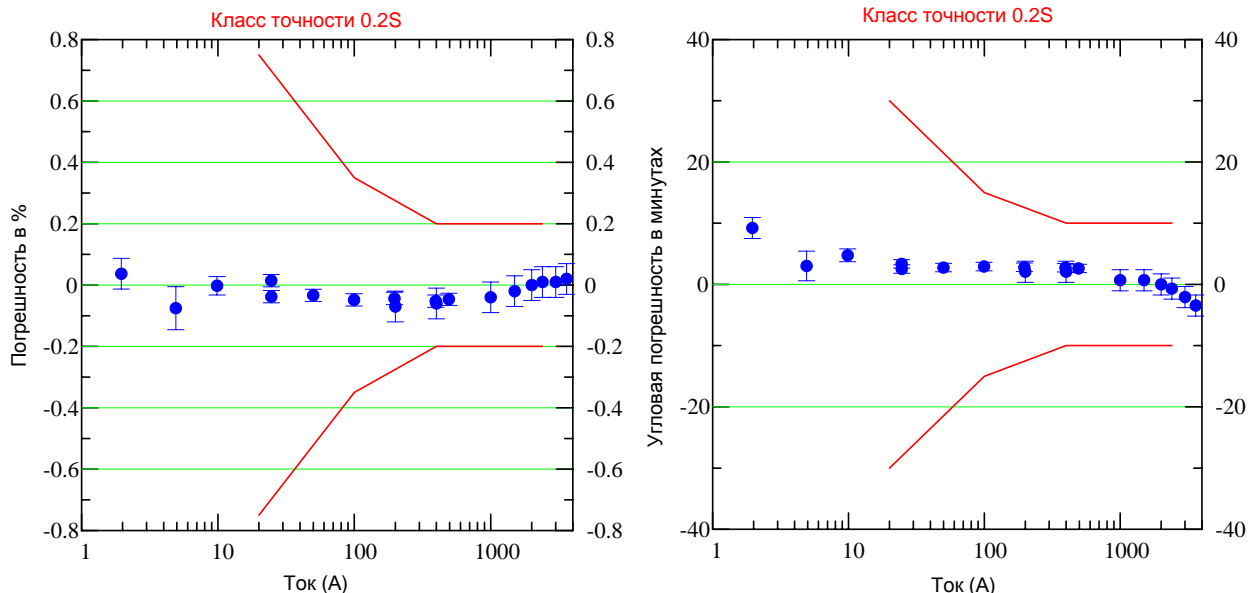


Рисунок 2. Погрешность измерений оптического трансформатора тока в диапазоне токов 1А - 3000А

Метрологические характеристики.

	Традиционные	Оптические
7. Погрешности связанные с характеристиками вторичных нагрузок трансформаторов и вторичных цепей тока и напряжения.	Погрешности вторичных цепей нормируются величиной 0,25%. Погрешности трансформаторов обусловленные несбалансированностью нагрузки могут достигать значения 0,2%.	Для оптических трансформаторов длина вторичных цепей ограничена расстоянием от комплекта электроники до панели учета. Наличие цифрового интерфейса в трансформаторах устраняет потери связанные с дополнительными погрешностями вторичных цепей и влияния вторичных нагрузок на точностные характеристики трансформаторов.
8. Дополнительные погрешности измерений	Повышенный тангенс диэлектрических потерь и ухудшенные переходные характеристики емкостных ТН. Погрешность 10% вторичного напряжения вызванная остаточным уровнем при внезапных КЗ в первичной сети в течение одного периода промышленной частоты.	Минимальное воздействие на линию вследствие отсутствия потерь в трансформаторах. Обеспечивают улучшенную переходную характеристику обусловленную расширенным динамическим диапазоном и полосой пропускания. Переходная характеристика приведена на Рисунке 4.

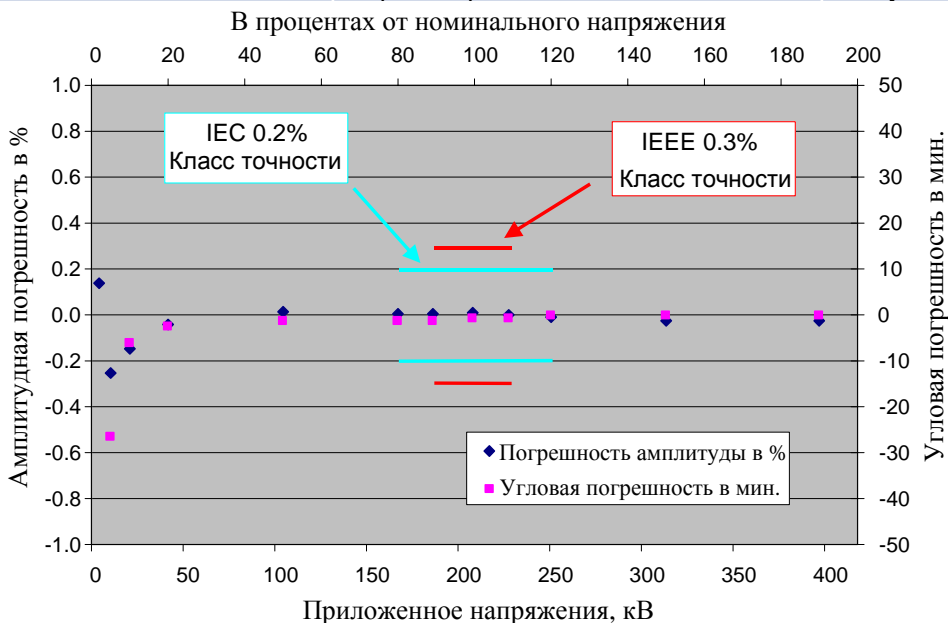
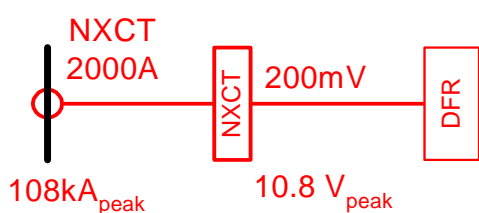


Рисунок 3. Погрешность измерений оптического трансформатора напряжения

Эксплуатационные характеристики.

1. Надежность	Традиционные	Оптические
	Срок службы традиционных трансформаторов составляет 30 лет. Измерительные трансформаторы являются одним из наиболее проблемных устройств высоковольтных подстанций.	Срок службы 30 лет. Отсутствие активных электронных компонентов в высоковольтных датчиках тока и напряжения сводит к минимуму вероятность выхода оборудования из строя. Электроника трансформаторов отличается высокой надежностью и не требует обслуживания.
2. Безопасность, взрыво и пожаробезопасность	При размыкании вторичной цепи ТТ на выводах трансформатора могут генерироваться напряжения, значительно превышающие номинальные значения.	Заполнена азотом изоляционная колонна комбинированного трансформатора безопасна для персонала и размещенного рядом оборудования.
	Маслонаполненные трансформаторы относят к категории наиболее опасного оборудования из-за большого количества масла, находящегося в контакте с высоковольтными элементами.	Конструкция ТТ имеет сплошной тип изолятора не содержащего масла и газа. На Рисунке 5 показана конструкция комбинированного оптического трансформатора.



- * 2000 А номинальный ток
- * 108 кА (40 кА_{RMS}) пиковое значение
- 200 mV номинальный вторичный уровень

Типовые испытания показывают способность оптического трансформатора тока точно измерять большие токи короткого замыкания. Оптический датчик трансформатора, испытанный с полностью смещенным в положительную область токовым сигналом, обеспечивает линейность в сравнении с точным резистивным шунтом, лучше чем 2 %.

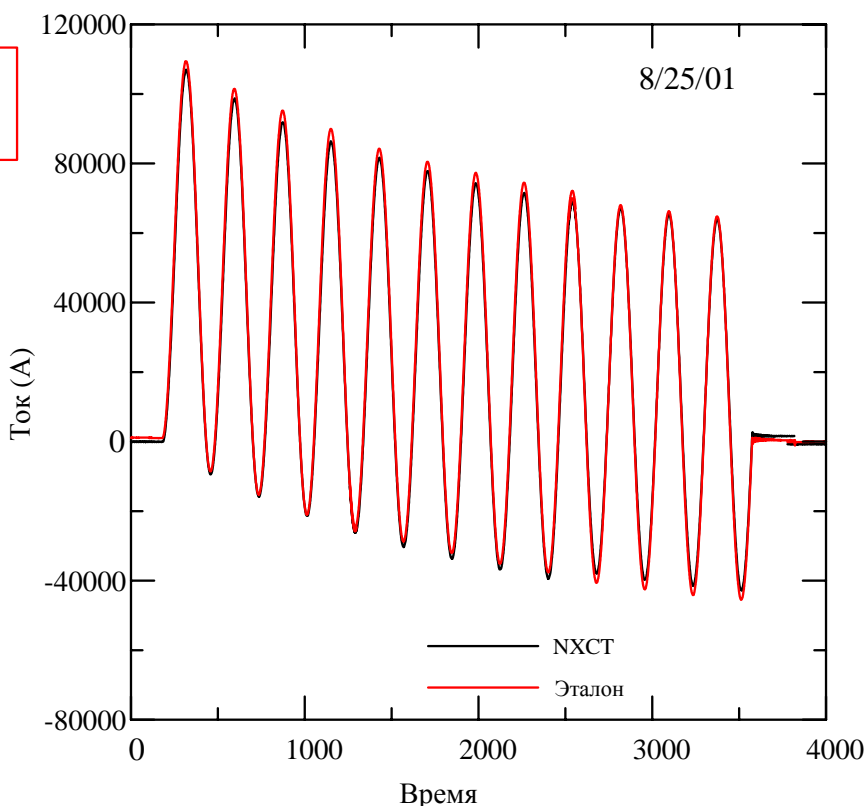


Рисунок 4. Сравнение переходных характеристик оптического трансформатора тока и напряжения на эталонном резистивном шунте

Эксплуатационные характеристики.

3. Условия эксплуатации	Традиционные	Оптические
	У1/УХЛ1	Диапазон рабочих от -50°C до $+55^{\circ}\text{C}$. Высокая сейсмоустойчивость 0,5g, обусловленная легкостью конструкции, проверена на виброиспытаниях и в процессе эксплуатации;
4. Обслуживание в период эксплуатации	<p>а) Периодический контроль уровня и температуры масла, газо- и влагосодержания, проверка отсутствия течей. Контроль состояния системы охлаждения.</p> <p>б) Проверка диэлектрических потерь ($\text{tg } \delta$) и исследование проб масла, измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток.</p> <p>г) Взятие проб масла для проведения газохроматографического анализа и оценки его состояния.</p>	<p>а) Отсутствие масла позволяет избежать сложных процедур обслуживания.</p> <p>б) Полимерный изолятор не требует очистки в течении всего срока службы.</p> <p>в) Встроенная самодиагностика позволяет локально или удаленно следить за состоянием и режимами работы трансформаторов. Превентивная диагностика, основанная на построении трендов состояния наиболее жизненно важных компонентов трансформатора, позволяет оценить фактическое состояние оборудования и спрогнозировать время возможного отказа.</p> <p>г) Трансформаторы допускают полную аппаратную резервируемость электронных блоков в условиях эксплуатации без проведения процедуры калибровки.</p>

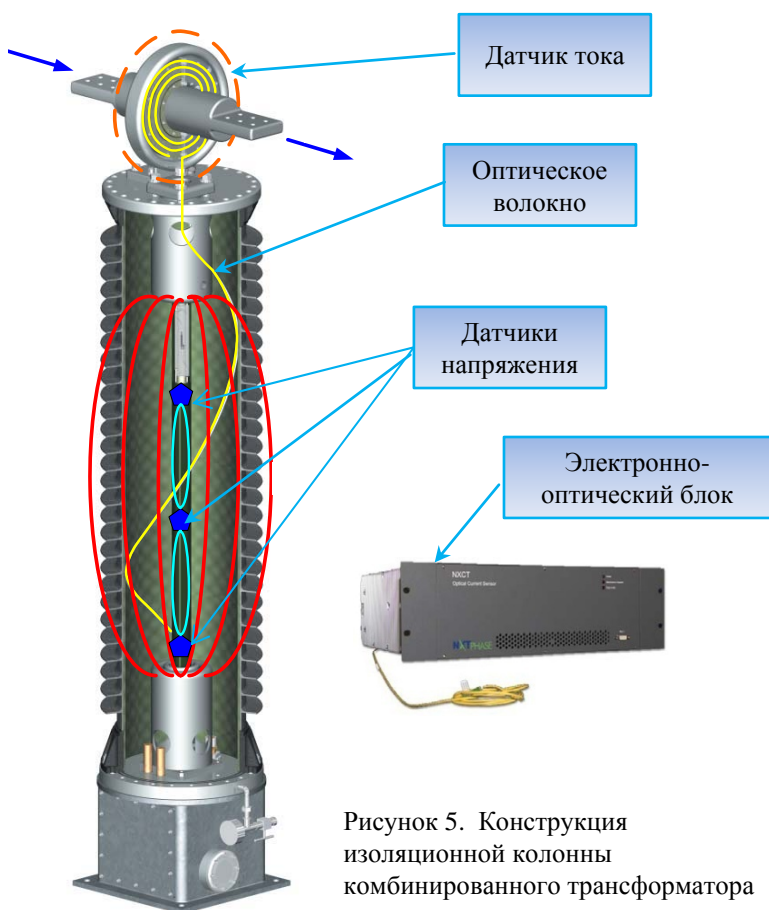


Рисунок 5. Конструкция изоляционной колонны комбинированного трансформатора

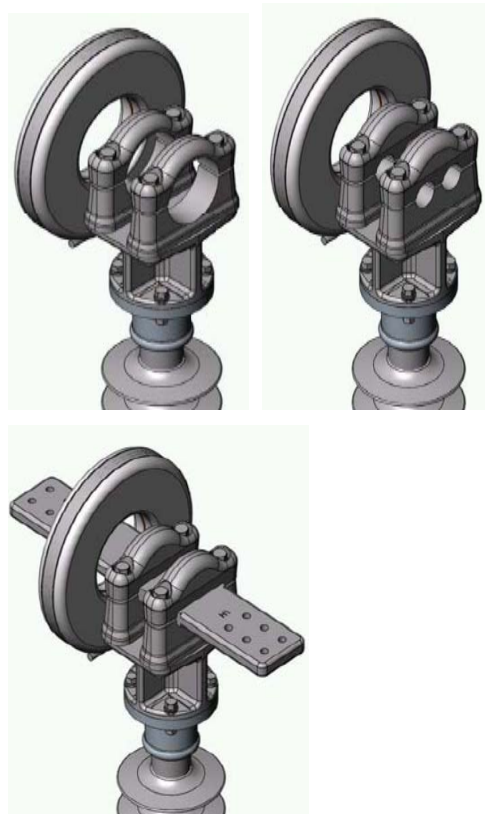


Рисунок 6. Конструкция первичных выводов

Затраты на инсталляцию.

1. Затраты на инсталляцию	Традиционные	Оптические
		<p>Конструкция первичных выводов допускают различные варианты подключения к высоковольтной шине. На рисунке 6 приведены варианты конструкций первичных выводов.</p>
		<p>Малый вес и связанное с этим сокращение затрат на погрузочно-разгрузочные работы . Рисунки 7, 8, 9 показывают массогабаритные показатели некоторых трансформаторов на класс 220 кВ.</p>
		<p>Уменьшение фундамента и объема стальной арматуры ячейки.</p>
		<p>Использование комбинированных измерительных трансформаторов позволяет сократить количество ячеек на подстанции и уменьшить погрешности измерений, связанных с фактором различного территориального расположения отдельных ТТ и ТН точки учета.</p>
		<p>Стоимость комбинированного трансформатора на 30% меньше по сравнению с суммарной стоимостью трансформатора тока и напряжения.</p>

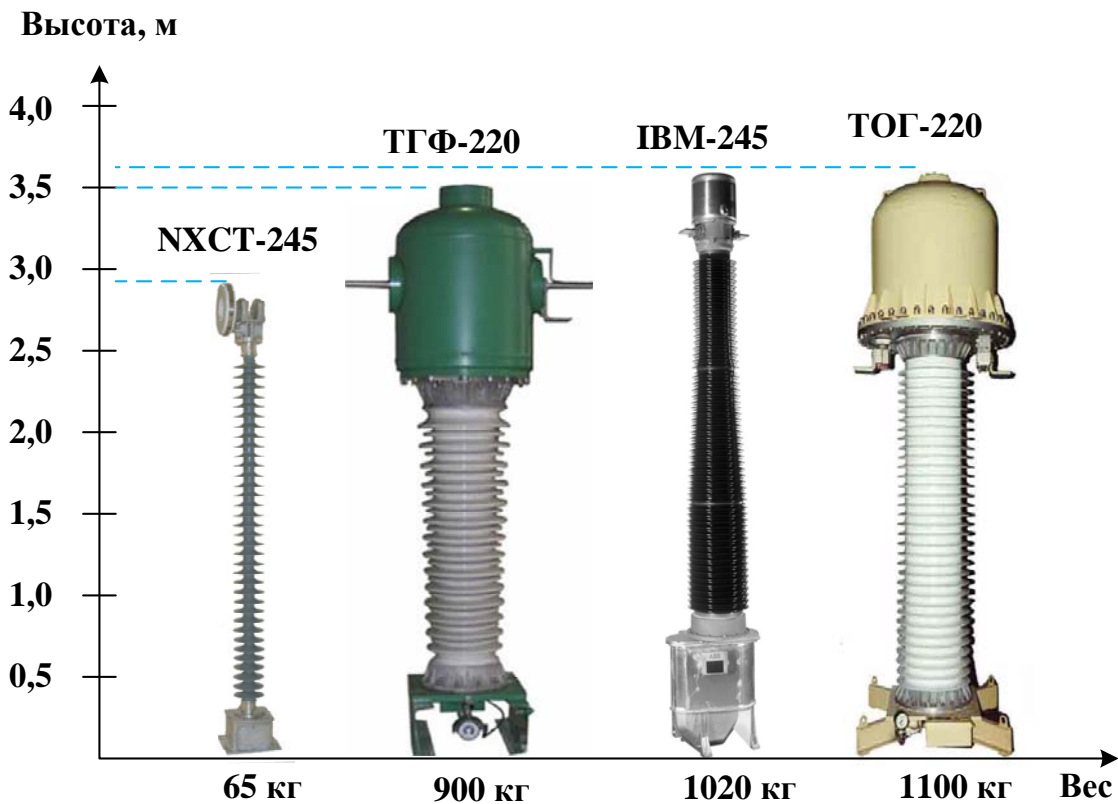


Рис .7 Сравнительные массогабаритные характеристики трансформаторов тока

Высота, м

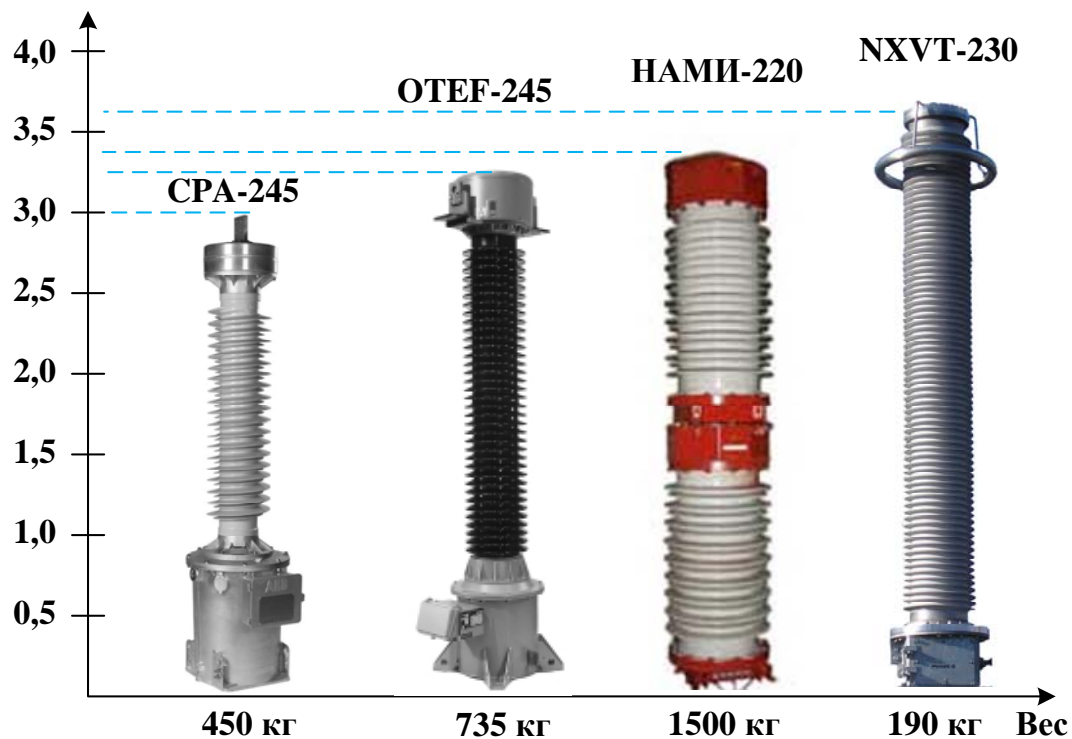


Рис .8 Сравнительные массогабаритные характеристики трансформаторов напряжения

Высота, м

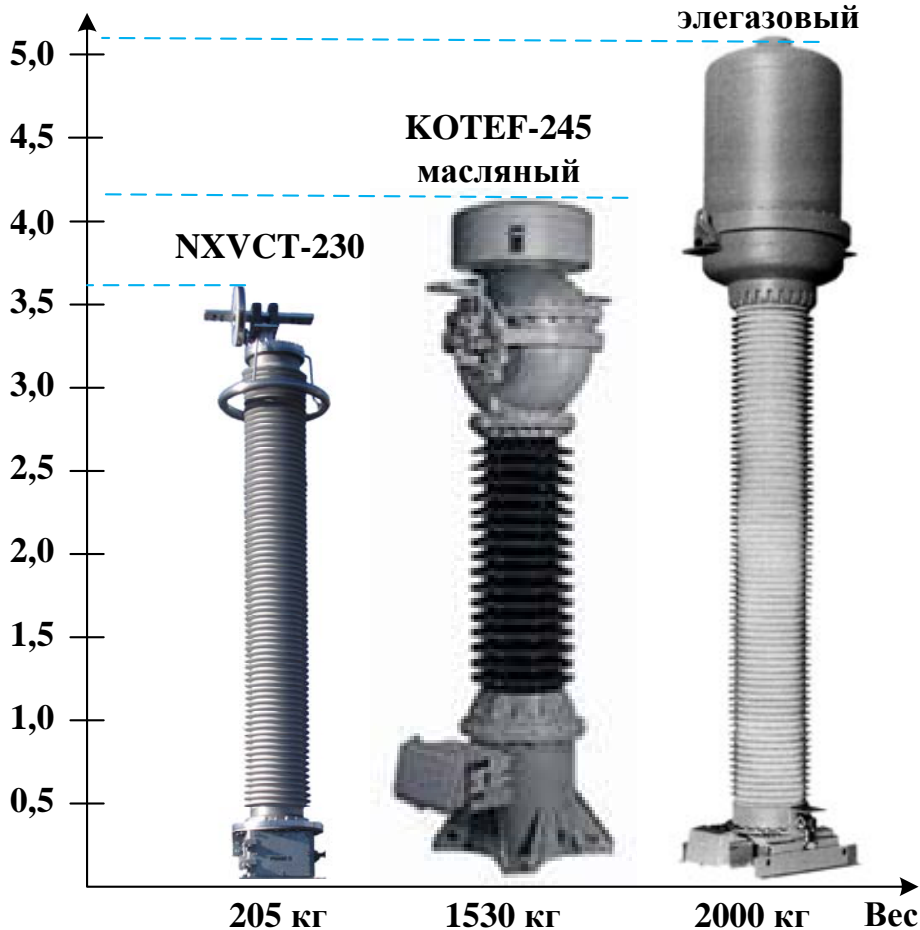


Рис .9 Сравнительные массогабаритные характеристики комбинированных трансформаторов

Сравнение затрат на организацию точки учёта

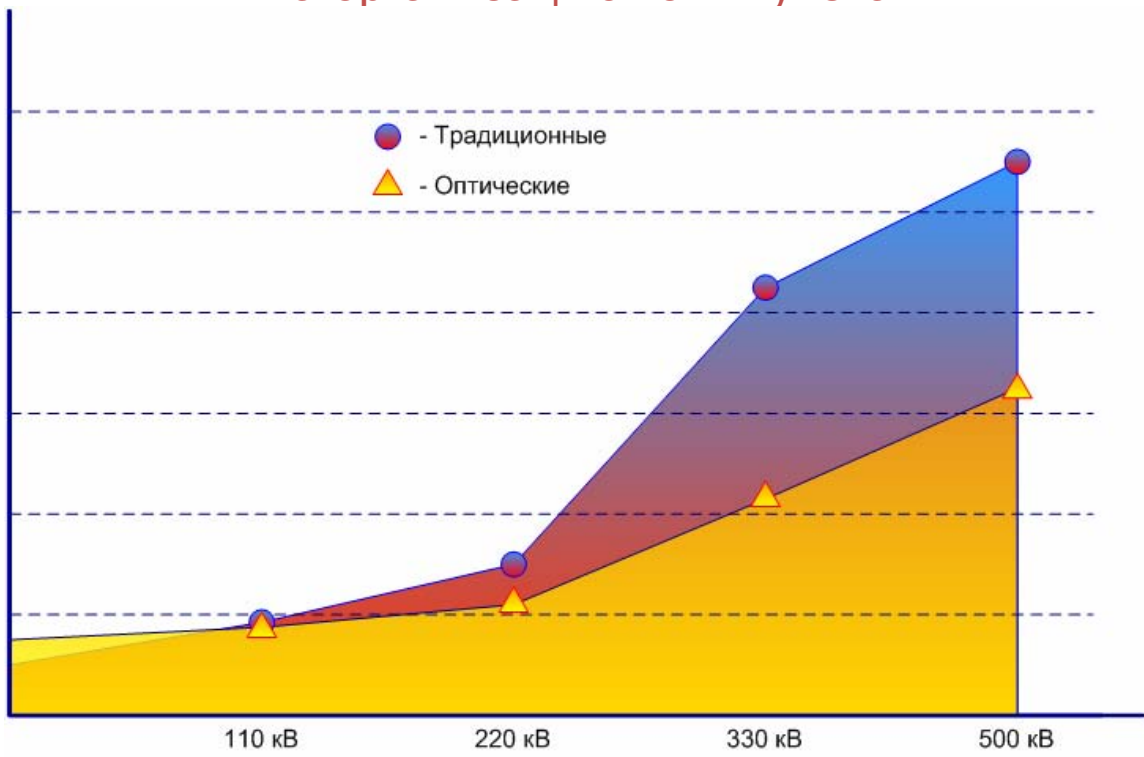


Рис .10