

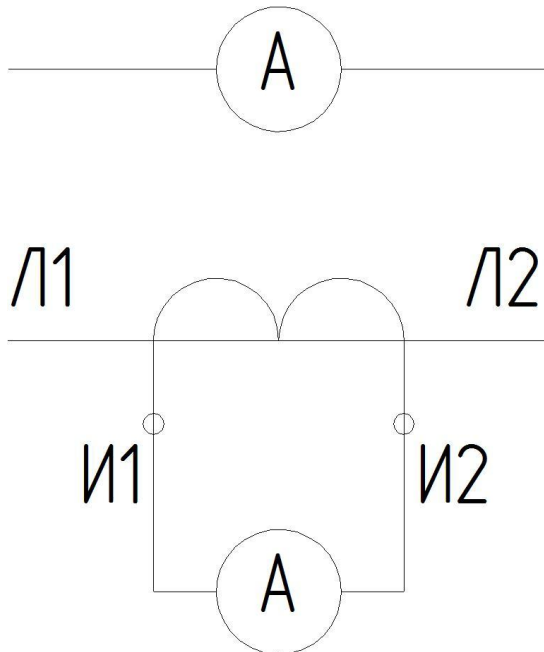
Измерительные трансформаторы тока

Инженер-конструктор
ОАО «РЭТЗ Энергия»
Мартынов Л.Д.

Назначение трансформаторов тока

- Измерение величины тока, протекающего в электрических сетях
- Подключение приборов учета, измерения и защиты
- Изоляция измерительных приборов от электрических цепей высокого напряжения

Схема включения трансформатора
тока в сеть



ВНИМАНИЕ!
НА РАЗОМКНУТОЙ ВТОРИЧНОЙ
ОБМОТКЕ
ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ!

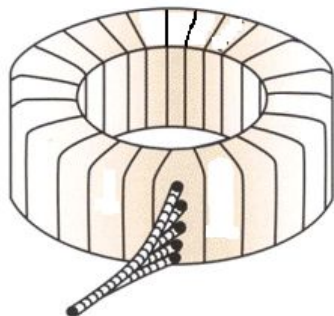
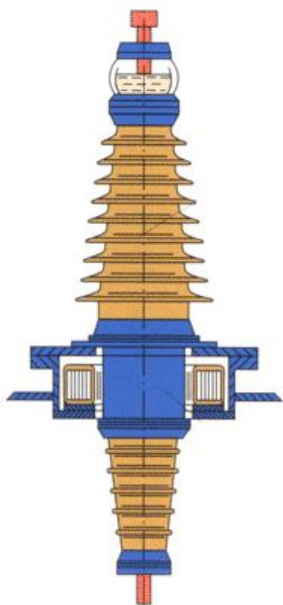
Нормативная документация

- ГОСТ 7746-2015 «Трансформаторы тока. Общие технические условия»
- ГОСТ 8.217-2003 «Трансформаторы тока. Методика поверки»
- РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» (СТО 34.01-23.1-001-2017)
- Руководство по эксплуатации – разрабатывается поставщиком трансформаторов тока

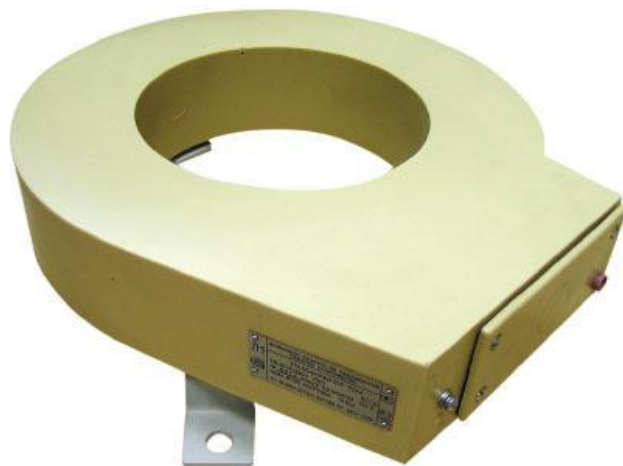
Классификация трансформаторов тока

Класс напряжения, кВ	Тип изоляции	Конструктивное исполнение
0,66	Пластмассовый корпус Воздушная	Проходные Шинные Встроенные
0,66 ÷ 35	Литая	Проходные Шинные Опорные
35 ÷ 750	Внешняя • Фарфор • Полимер Внутренняя • Масляная • Газовая	Опорные Каскадные

Встроенный трансформатор тока



- Тороидальный магнитопровод
- Вторичная обмотка
- Выводы вторичной обмотки
- Первичная обмотка отсутствует
- Устанавливаются на вводы трансформаторов и



Шинные и проходные трансформаторы тока

Шинный ТТ



Проходной ТТ



Опорные ТТ до 35 кВ с литой изоляцией



Плюсы:

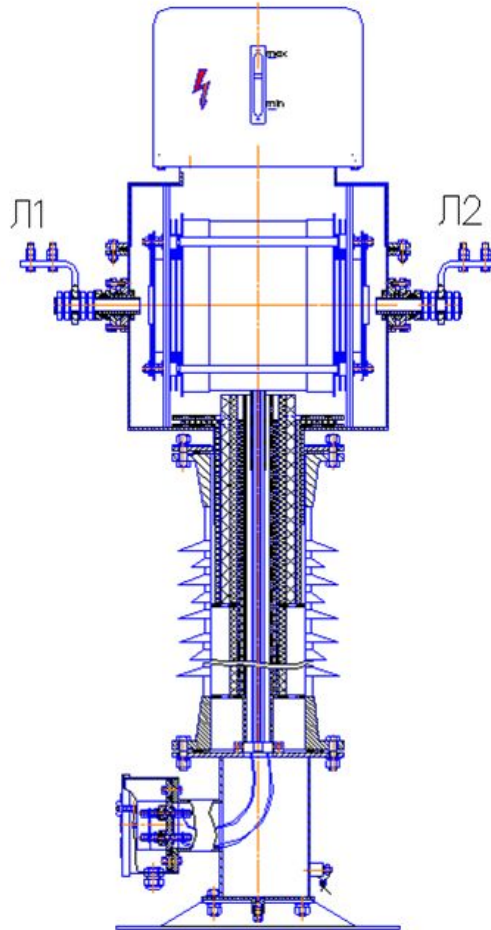
- Широко применяются до 35 кВ
- Пожаробезопасные
- Небольшие масса-габаритные показатели
- Изготовление любой формы

Минусы:

- Неремонтируемые
- Сложная технология изготовления
- Разряды необратимо разрушают изоляцию
- Сложность диагностики развития дефектов изоляции



Конструкция опорного трансформатора тока

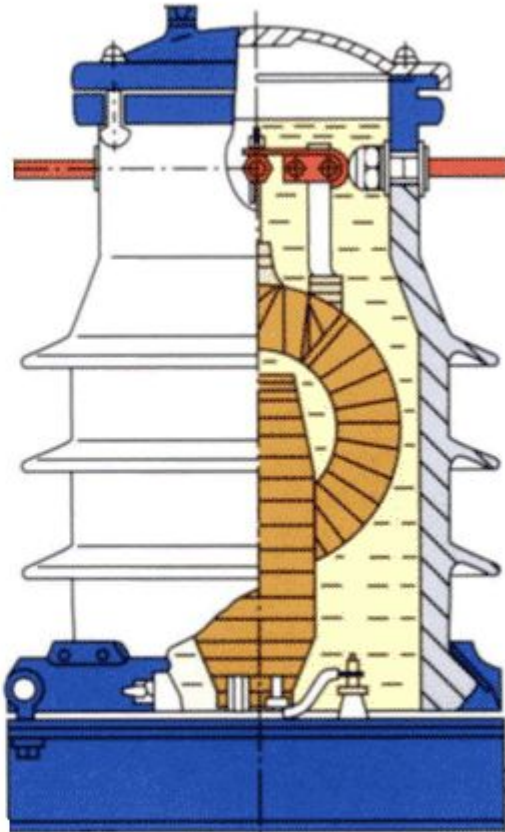


Основные элементы:

- Основание трансформатора с коробкой вторичных зажимов
- Изоляционная крышка
- Металлический корпус
- Экран
- Компенсатор объема масла
- Первичная обмотка
- Активная часть:
 - Вторичные обмотки
 - Изоляция (на вторичных обмотках)
 - Торидальные магнитопроводы вторичных обмоток

Конструкция опорного трансформатора тока

- Конструкция звеньевое типа
- Активная часть в изоляторе
- Основная изоляция распределена между первичной и вторичными обмотками
- Корпус и активной частью расположены внизу
- Основная изоляция расположена на первичной обмотке



Трансформаторы тока от 330 кВ

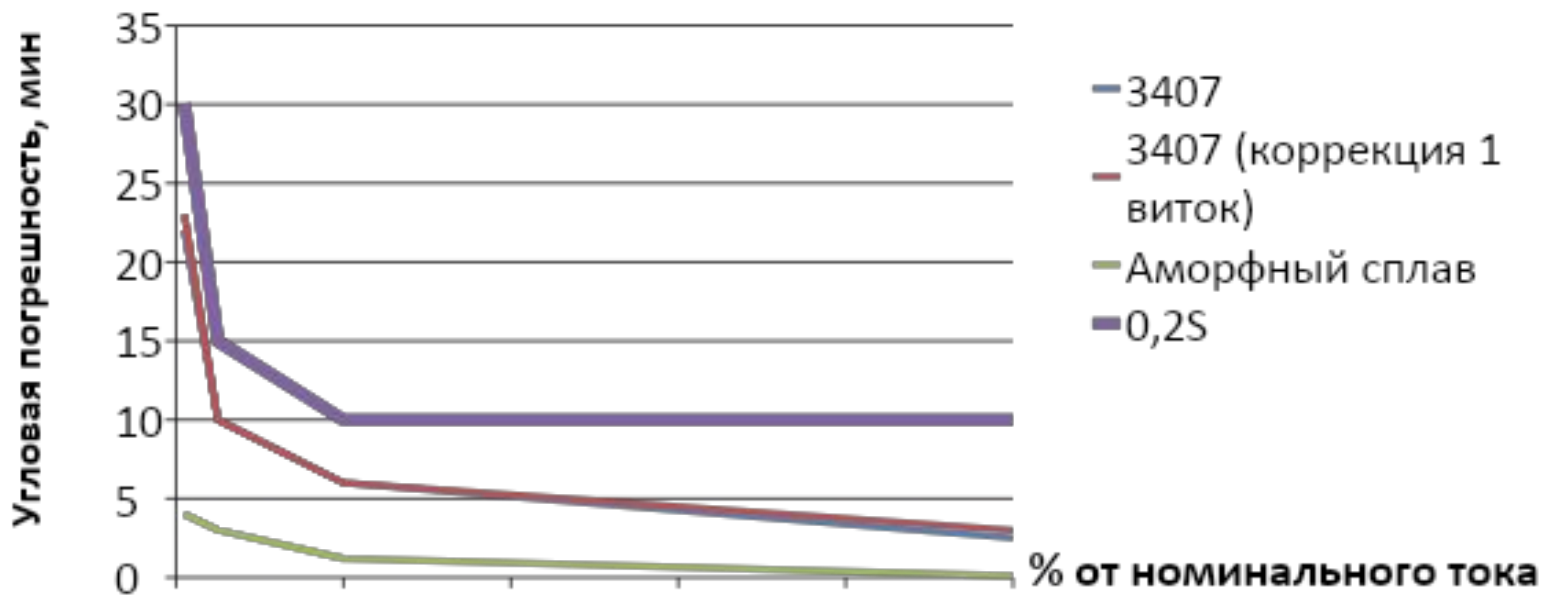
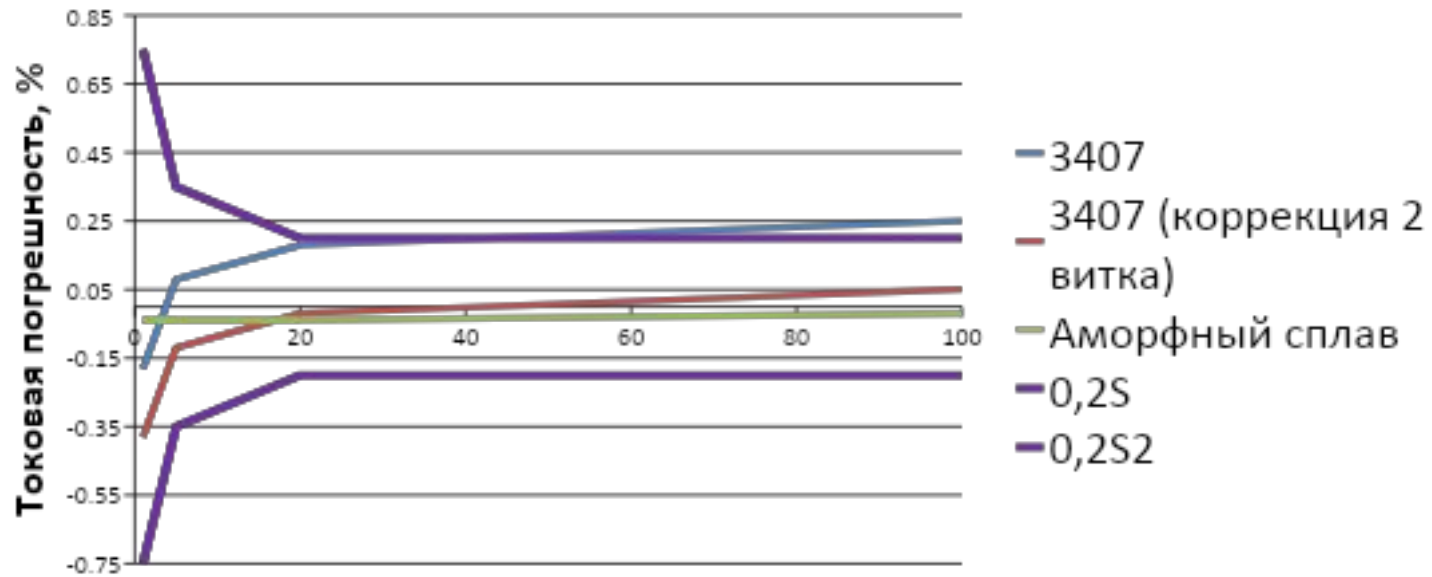


Основные параметры ТТ

- Ток
 - Номинальный первичный (от 1 до 40 000 А)
 - Максимальный (обычно на 5 – 10 % больше номинального)
 - Термической стойкости (время протекания от 1 до 3 секунд)
 - Динамической стойкости ($I_d > 1,8\sqrt{2} \cdot I_T$)
 - Номинальный вторичный ток (1 или 5 А)
- Номинальная вторичная нагрузка
 - От 1 до 100 ВА
- Класс точности
 - Для учета и измерения 0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S (1; 3; 5)
 - Для защиты 5P и 10P
- Номинальная предельная кратность обмоток для защиты
- Номинальный коэффициент безопасности обмоток для измерений

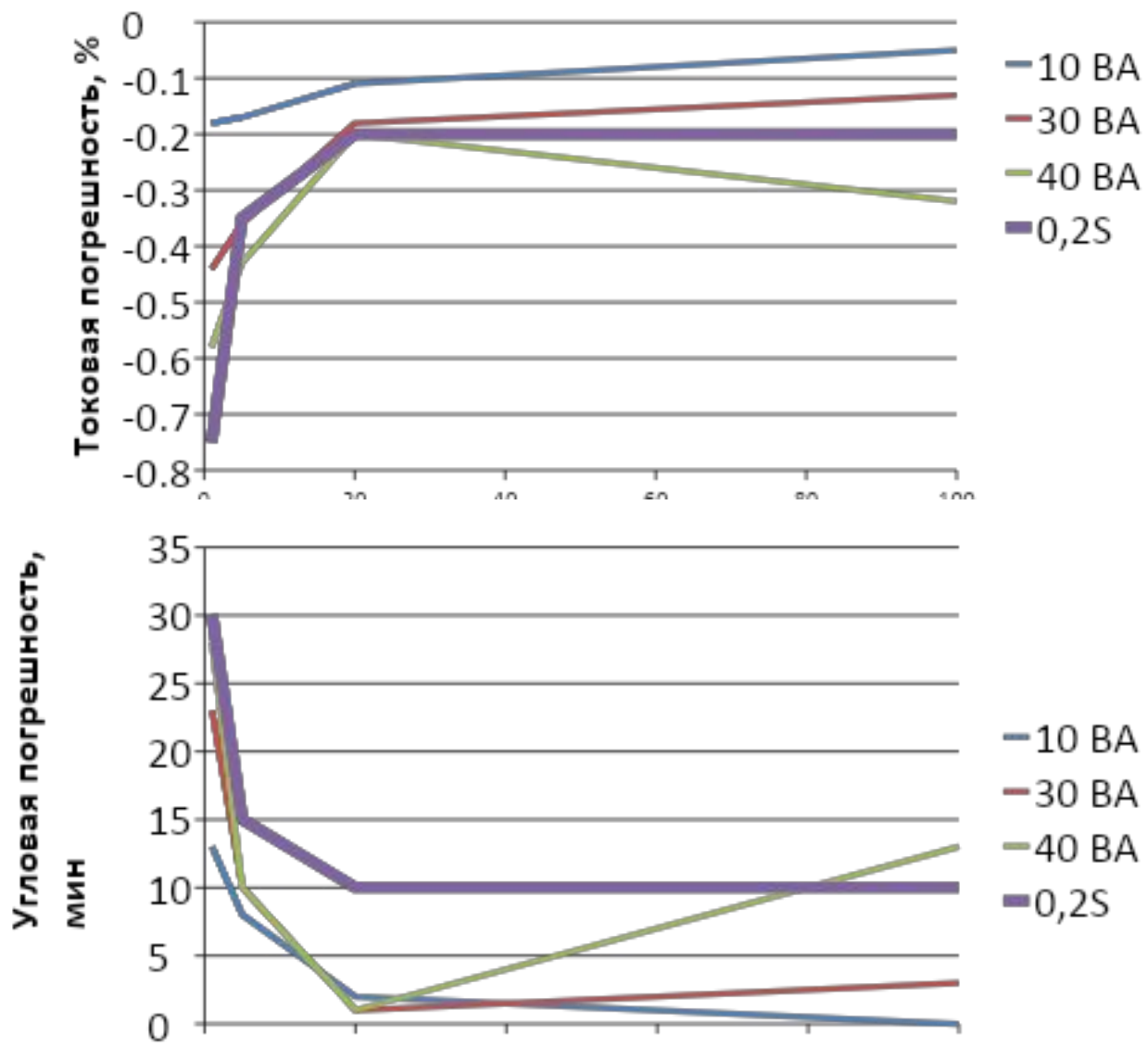
Витковая коррекция. Аморфная сталь.

(погрешность ТТ 35 кВ, Ктт 1000/1 при нагрузке 5 ВА)



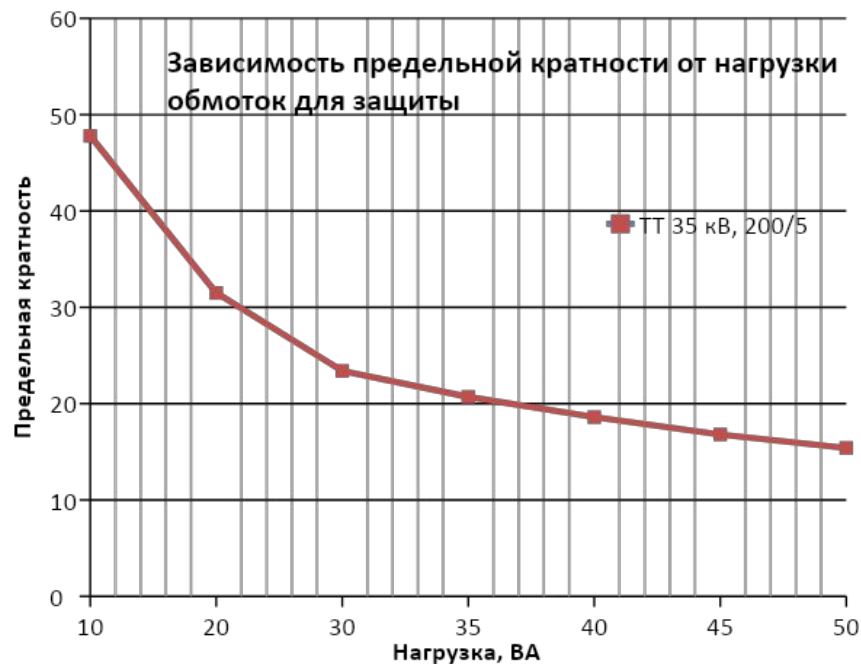
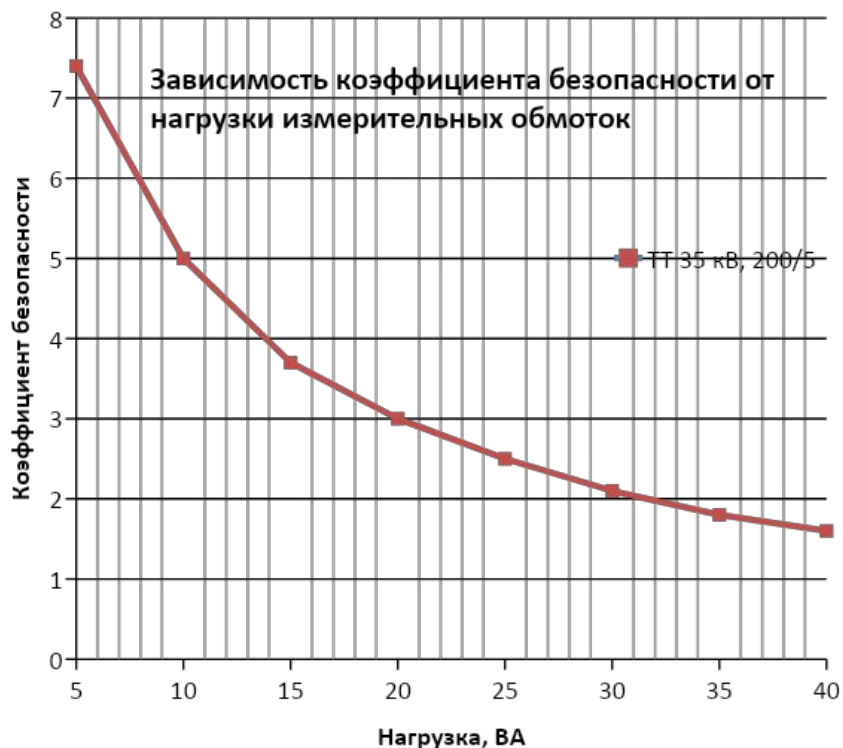
Зависимость погрешности от нагрузки. (ТТ 35 кВ, КТТ 200/5)

% от номинального тока



Коэффициент безопасности «Кбез» и предельная кратность «К»

- Кбез должен быть менее или равен заданному
- К должна быть больше или равна заданной
- Одинаковая зависимость Кбез и К от нагрузки



Переключение коэффициента трансформации

	По первичной стороне (перемычка)	По вторичной стороне (отпайка)
Переключение	По всем обмоткам одновременно	Независимое для каждой обмотки
Дополнительно	Перемычки	Отвод в клеммной коробке
Погрешность	Не изменяется	Изменяется
К без и К	Не изменяется	Изменяется
Измерение погрешности (поверка)	На любом переключении	На каждом ответвлении
Измерение тока намагничивания	На любом переключении	На каждом ответвлении

Коэффициент трансформации:

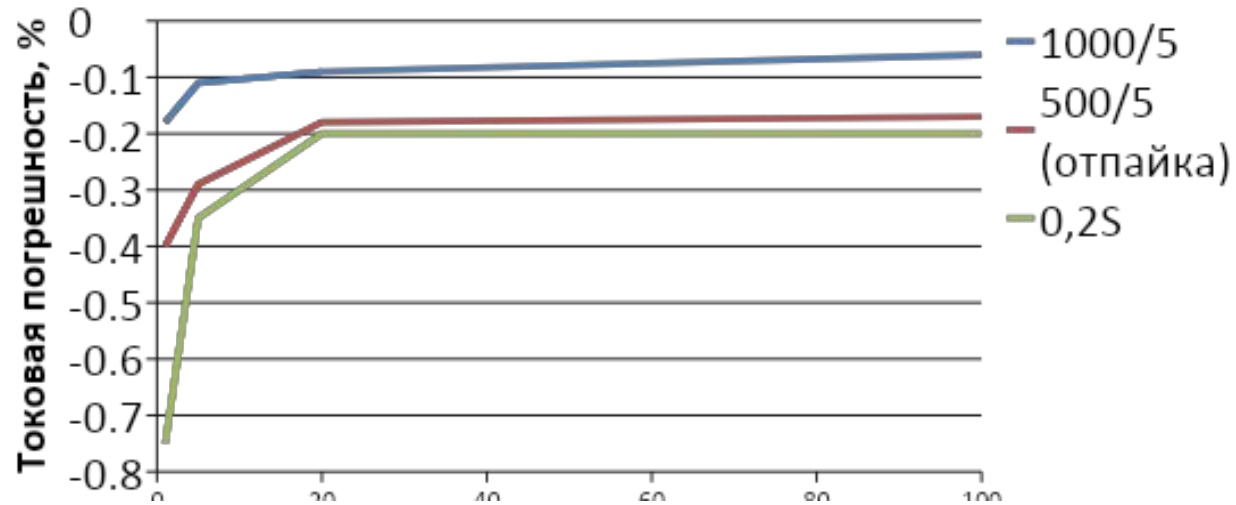
$$K_T = I_1 / I_2 = W_2 / W_1$$

Ампервитки:

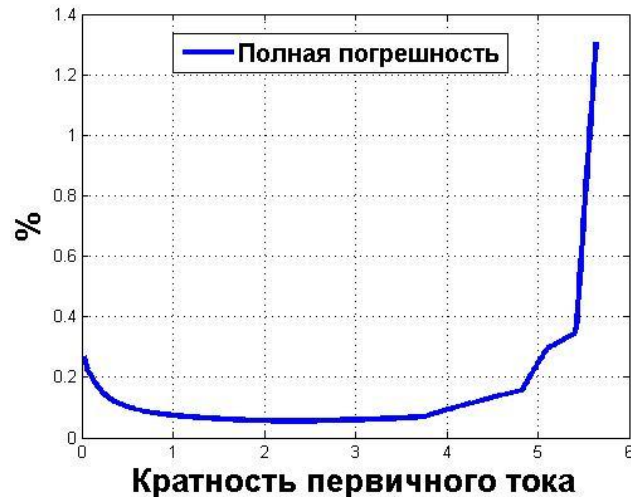
$$I_1 * W_1 = I_2 * W_2$$

Влияние отпайки на параметры вторичной обмотки учета и измерения. (ТТ-110 кВ, S=15 ВА)

% от номинального тока



1000/5 – полная обмотка



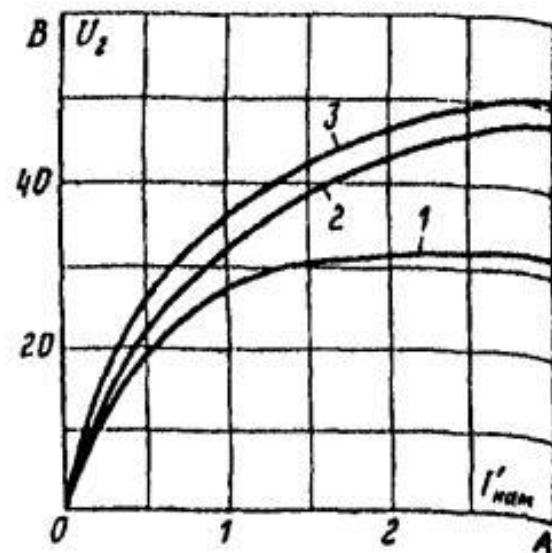
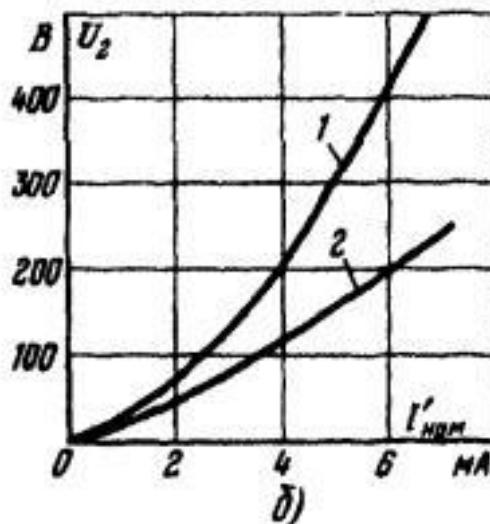
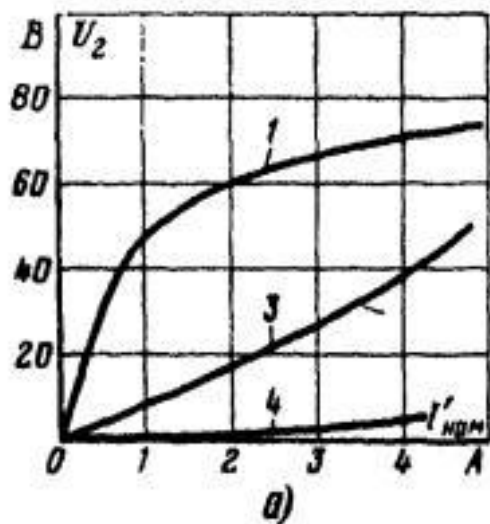
500/5 - отпайка



Вольт-амперная характеристика

ТТ

- Расчет параметров ТТ
- Определение $K_{без}$ и K (измерение тока намагничивания)
- Обнаружение виткового замыкания
- Отличие от типовых не более 10%



а - ТТ-35, 300/5 А; б - ТТ-500, 2000/1; 1 – исправный

2 - закорочен 1 в

3 - закорочены 2 в

4 - закорочены 8 в

1 - схема с

автотрансформатором

2 - схема с потенциометром

3 - схема с реостатом

Испытания в эксплуатации.

Неисправности ТТ.

- Коэффициент трансформации
 - Измерение при токе более 25% от номинального
 - Отклонение не более 2% от паспортного значения
 - Причины отклонения
 - Неправильная схема включения витков первичной обмотки
 - Замыкание высоковольтного ввода Л2 на корпус
 - Замыкание в первичной обмотке
 - Глухое витковое замыкание во вторичной обмотке
 - Диагностика и ремонт
 - Проверить схему соединения первичной обмотки
 - Отсоединить ввод Л1 от корпуса. Измерить мегомметром сопротивление изоляции между витками и корпусом
 - Отсоединить все перемычки. Измерить мегомметром сопротивление изоляции между витками.
 - Устранить место замыкания
 - Заменить вторичную обмотку (устранить место виткового замыкания)
- Сопротивление постоянному току
 - Для ТТ от 110 кВ
 - Не должно превышать 2% от паспортного значения
 - Необходимо для расчета напряжения при проверке тока намагничивания
 - Причины отклонения
 - Не приведены к температуре паспортных значений
 - Плохой контакт между прибором измерения и выводами обмотки
 - Плохой контакт вторичной обмотки в месте присоединения к клемме
 - Диагностика и ремонт
 - Зачистить место подключения прибора
 - Провести демонтаж клеммы вторичной обмотки

Испытания в эксплуатации. Неисправности ТТ.

- Сопротивление изоляции. $\text{tg}\delta$ изоляции
 - Причины отклонения
 - Увлажнение и загрязнение внешней изоляции
 - Увлажнение внутренней изоляции
 - Науглероживание изоляции (ЧР)
 - Диагностика и ремонт
 - Протереть (просушить) высоковольтный изолятор
 - Протереть (просушить) изоляцию между низковольтными вводами и заземленными частями трансформатора
 - Взять отбор пробы масла, ХАРГ
 - Провести перезаливку сухим дегазированным маслом
- Снятие характеристик намагничивания
 - Определение $K_{\text{без}}$ и K
 - Отклонение не более 10 % от паспортного значения
 - Снятие при напряжении до 1800 В
 - Причины отклонения
 - Витковое замыкание во вторичной обмотке
 - Механическое повреждение магнитопровода

Элегазовая или масляная изоляция

Параметр	Масло	Элегаз (элегаз +азот)
Цена	Маслонаполненное оборудование существенно дешевле.	Элегазовое оборудование имеет более высокую стоимость
Ввод в эксплуатацию	Как правило, не требует присутствия шеф-инженера для ввода в эксплуатацию.	Как правило, необходимо присутствия шеф-инженера (заполнение элегазом на объекте предполагает также поставку индивидуального и группового ЗИП).
Объем обслуживания	Контроль уровня масла, испытания проб масла. Для герметичного оборудования объем обслуживания минимален.	Контроль давления элегаза, контроль влажности элегаза для дозаправки. Требует наличия элегазового хозяйства и оборудования для дозаправки элегазом.

Элегазовая или масляная изоляция

Параметр	Масло	Элегаз (элегаз +азот)
Эксплуатационная надежность	Высокая. Изоляция при ошибках проектирования и изготовления может со временем деградировать под воздействием частичных разрядов.	Высокая, но мало опыта использования при очень низких температурах, необходимы высококачественные уплотнения, для обеспечения низких утечек газа. Частичные разряды для газонаполненного оборудования не характерны.
Безопасность	Повышенная по сравнению с элегазовым оборудованием взрыво- и пожароопасность. У современных аппаратов при принятии конструктивных мер (малый объем масла, клапаны сброса давления, сильфоны, полимерные изоляционные крышки) для обеспечения взрывобезопасности она на высоком уровне.	Продукты разложения элегаза высокотоксичны. Элегаз в ИТ находится под высоким давлением.

Спасибо за внимание!