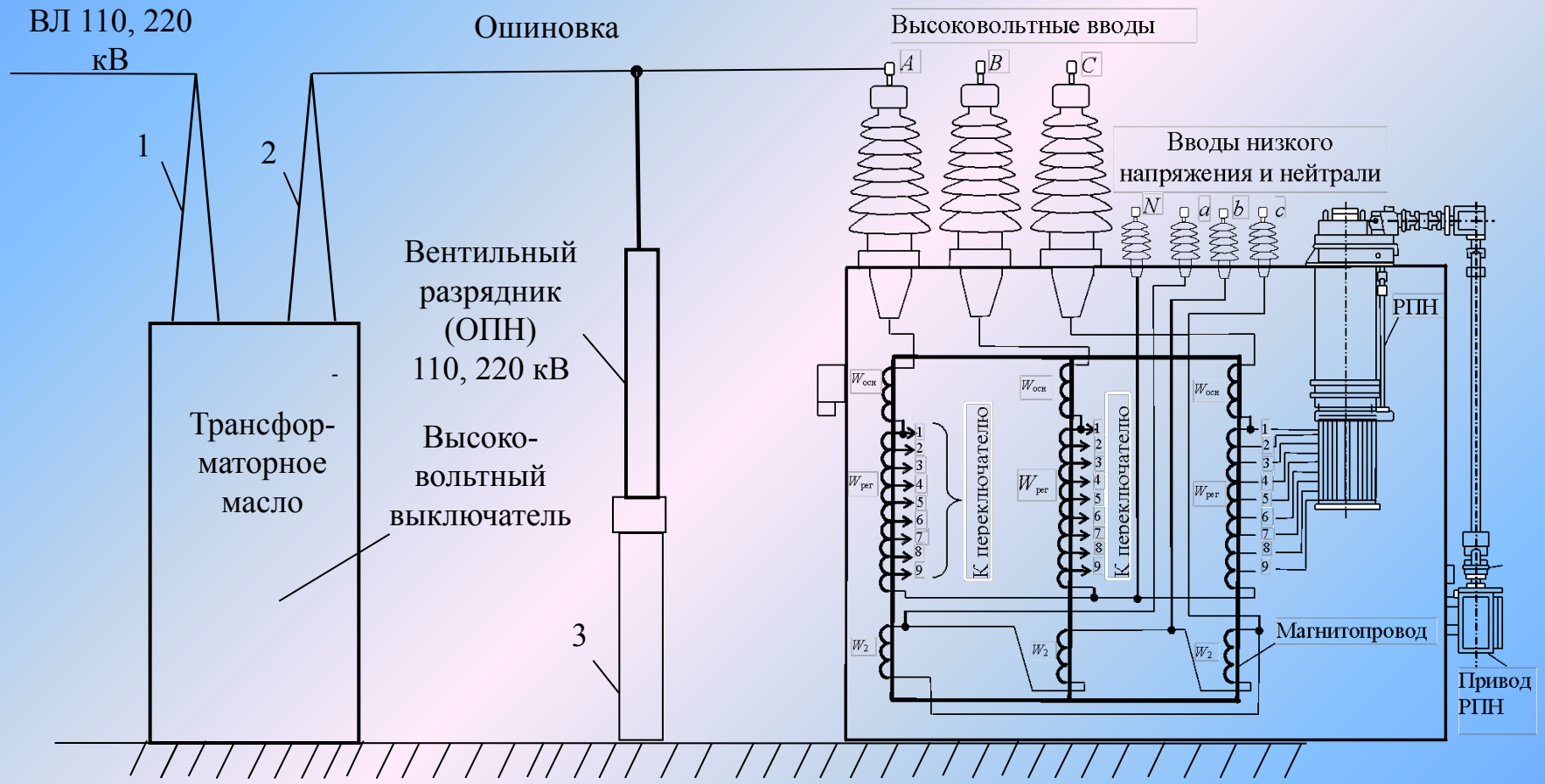
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
«Чебоксарский электромеханический колледж»

Комплексное диагностирование подстанционного высоковольтного электрооборудования

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

140448 Техническая эксплуатация и обслуживание
электрического и электромеханического оборудования в энергетике

Схема расположения высоковольтного электрооборудования (для одной фазы) на подстанции 110, 220 кВ



1, 2 - высоковольтные вводы на 110, 220 кВ; 3 – опорный изолятор

Диагностирование

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика Термины и определения

1. **Объект технического диагностирования - и**зделие и (или) его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю)

2. **Техническое состояние объекта** Состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект

3. **Техническая диагностика - о**бласть знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов

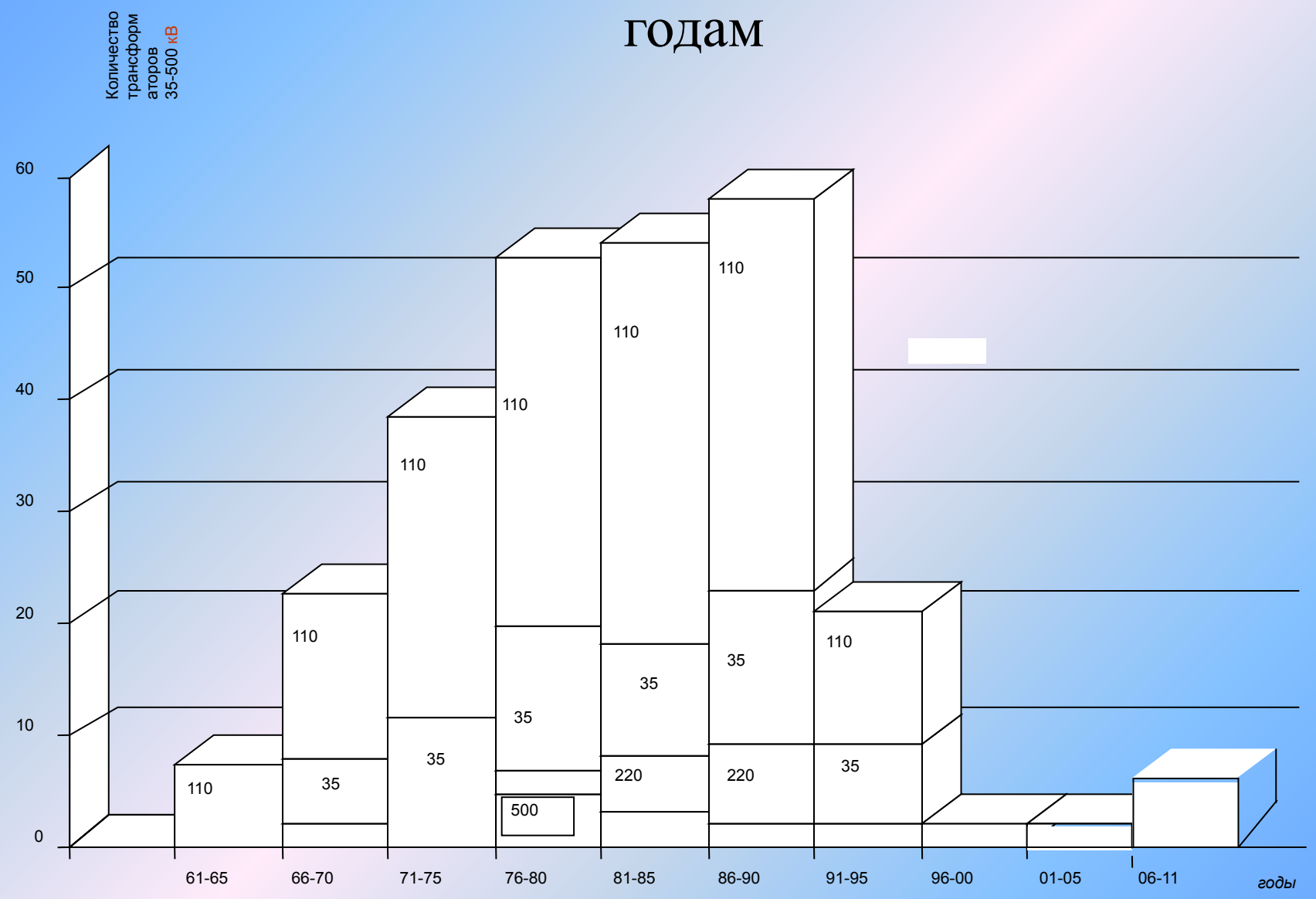
4. **Техническое диагностирование - о**пределение технического состояния объекта.

Примечания:1. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа (или исправности); прогнозирование технического состояния.

2.Термин «Техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задач»является поиск места и определение причин отказа (неисправности). Термин «Контроль технического состояния применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.

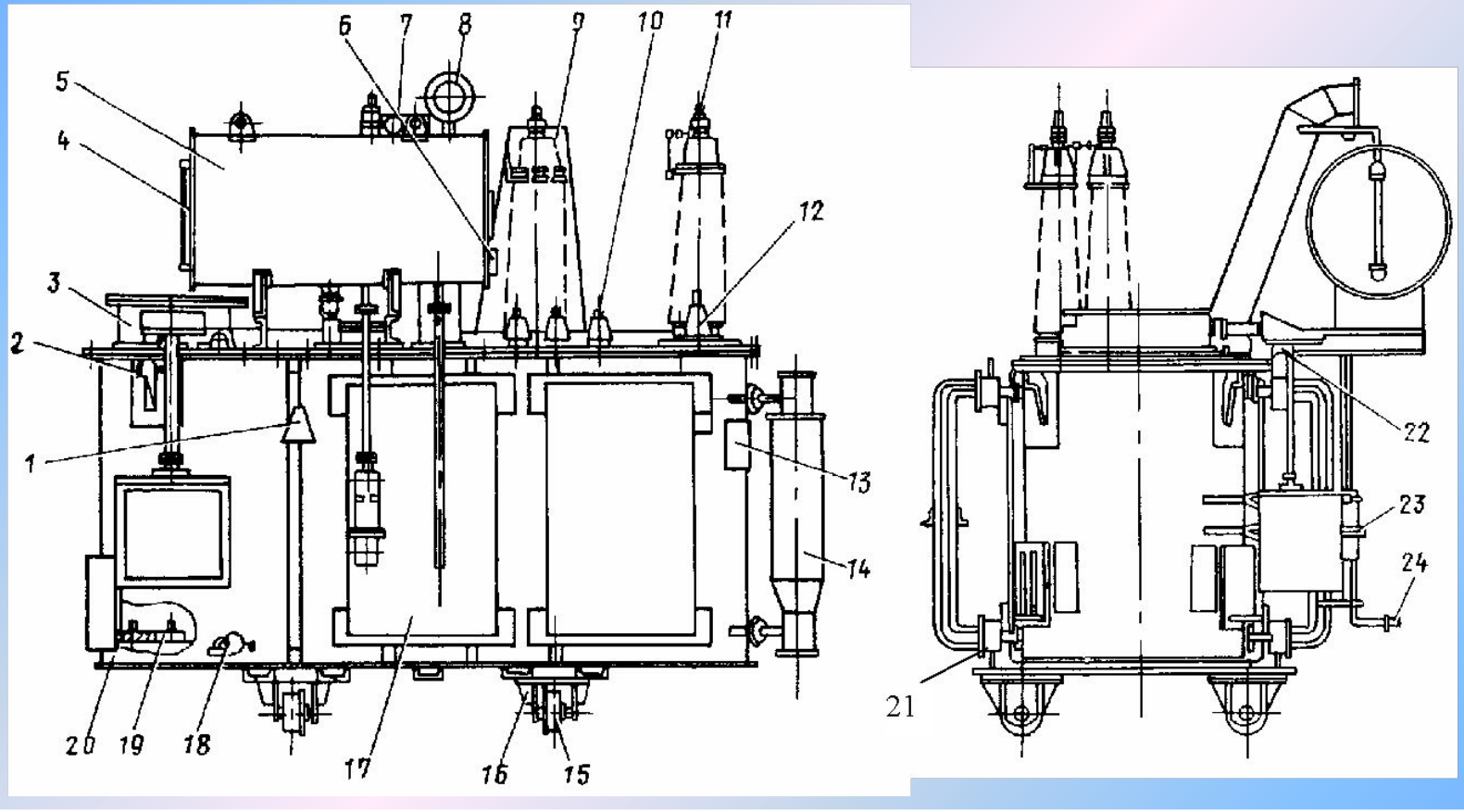
Количество установленных трансформаторов в системе энергетики Чувашской Республики по годам

4



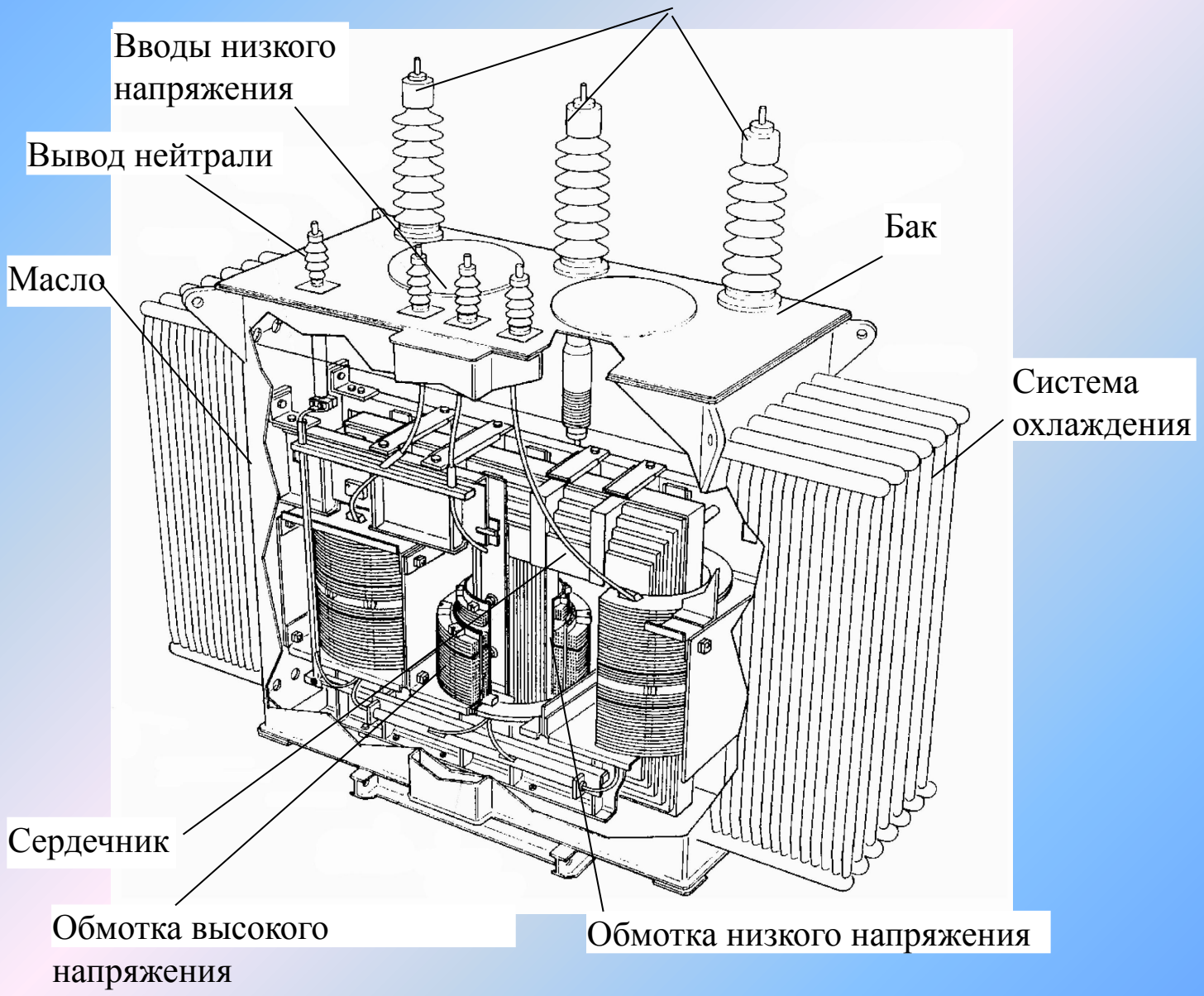
Основные элементы силового трансформатора

5

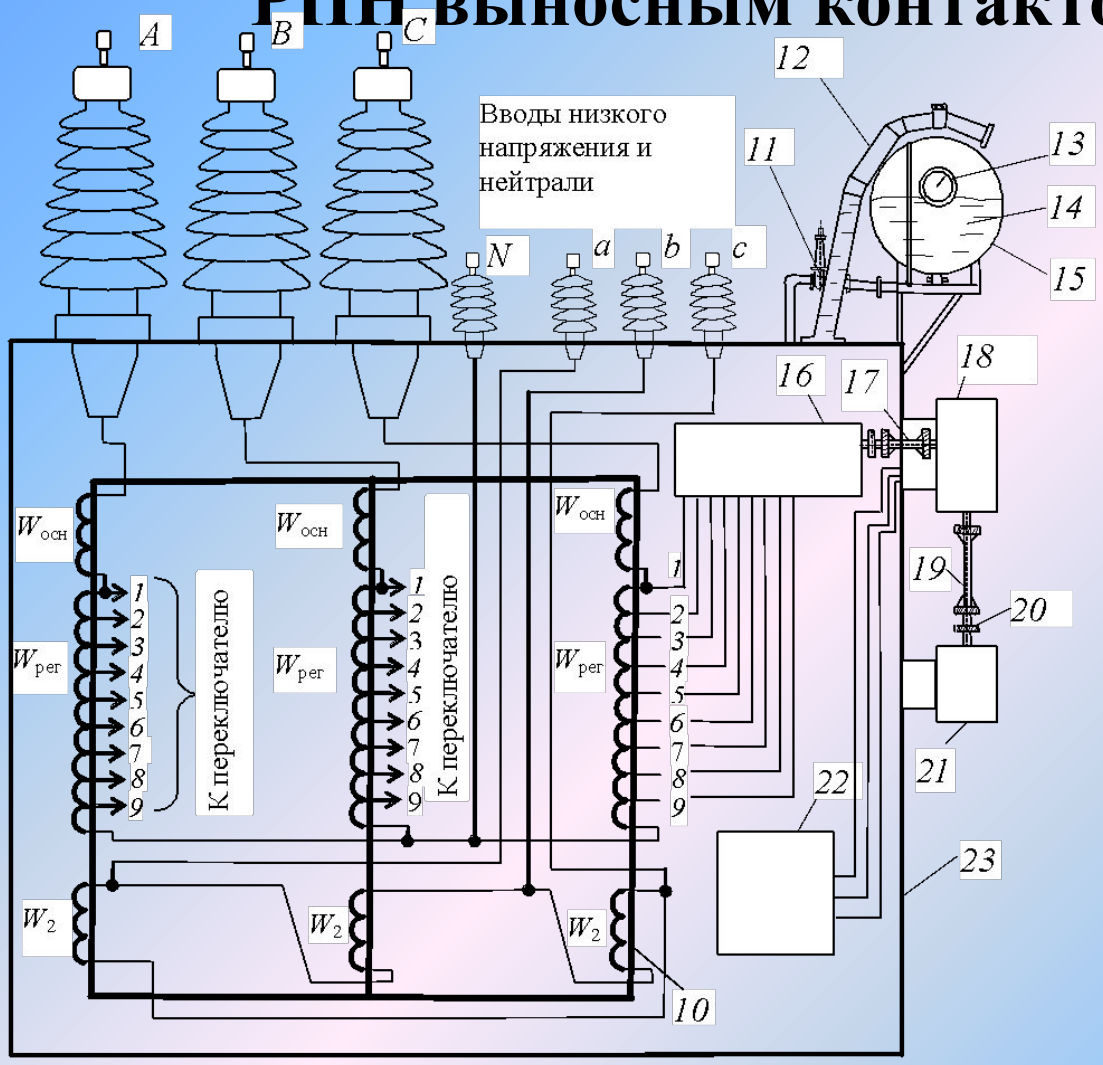


1 – термосигнализатор; *2* – крюк для подъема трансформатора; *3* – регулятор напряжения; *4* – маслоуказатель; *5* – расширитель; *6* – реле уровня масла; *7* – патрубок для соединения предохранительной трубы с расширителем; *8* – предохранительная труба; *9* – цилиндр для защиты ввода во время транспортировки; *10* – ввод НН; *11* – ввод ВН; *12* – ввод нейтрали; *13* – щиток изделия; *14* – фильтр термосифонный; *15* – каток; *16* – каретка; *17* – радиатор; *18* – пробка для отбора пробы масла; *19* – планка; *20* – бак трансформатора; *21* – задвижка для слива масла; *22* – газовое реле; *23* – воздухоосушитель; *24* – кран для доливки масла

Общий вид силового трансформатора



Основные элементы силового трансформатора с РПН выносным контактором (РНТ-13)



1-9–ответвления регулировочной обмотки *ВН*;
10 – магнитопровод;
11 – газовое реле;
12 – выхлопная труба;
13 – маслоуказатель;
14 – трансформаторное масло;
15 – расширитель;
16 – переключатель;
17 – горизонтальный вал;
18 – контактор;
19 – вертикальный карданный вал;
20 – нониусная муфта;
21 – привод РПН;
22 – реактор;
23 – бак трансформатора; $W_{осн}$, $W_{рег}$ – соответственно основная и регулировочная обмотка ВН, W_2 – обмотка НН

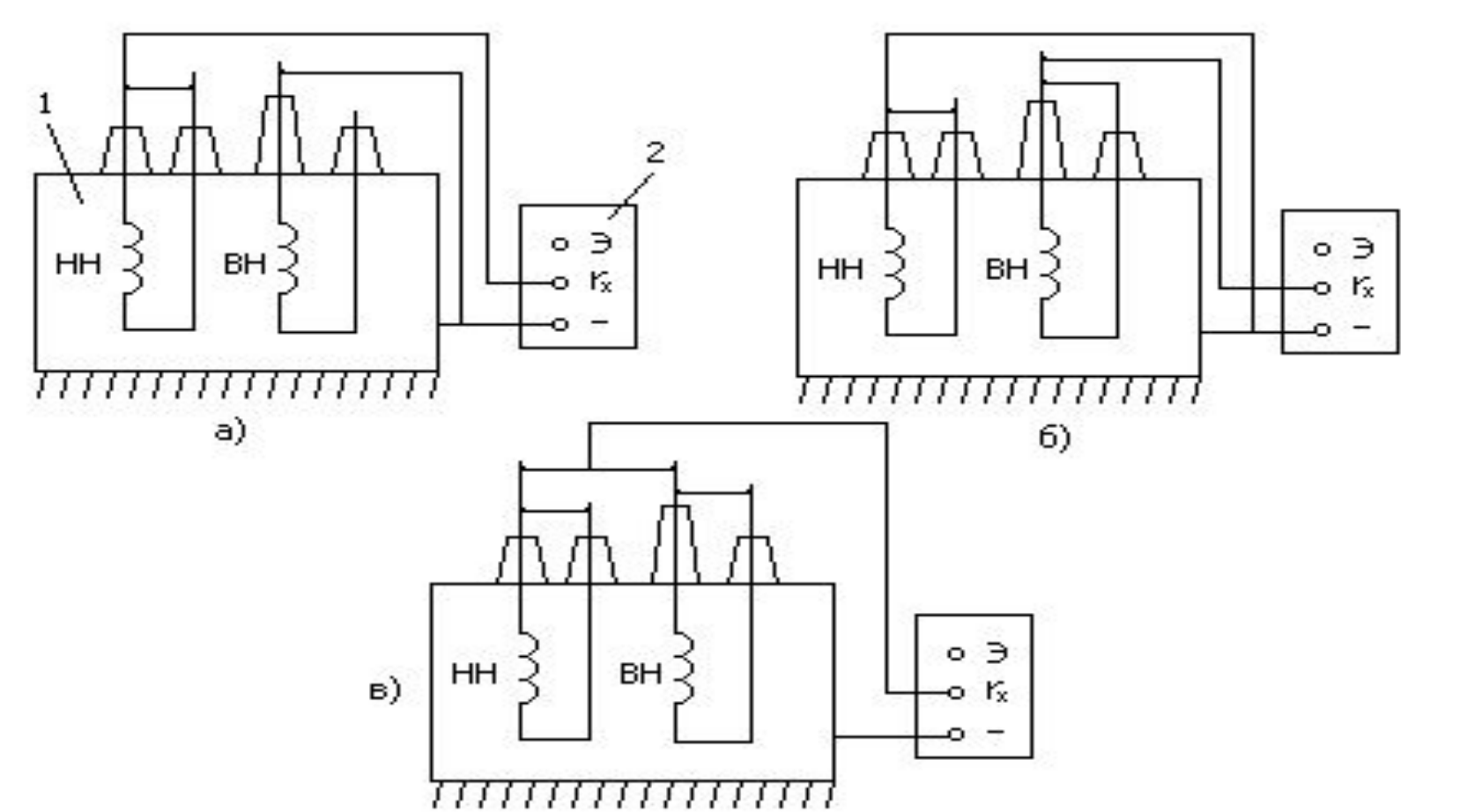
Диагностика цепей обмоток силовых трансформаторов в режиме когда трансформатор отключён

- 1. Измерение сопротивления изоляции
- 2. Определение сопротивления постоянному току
- 3. Определение диэлектрических потерь
- 4. Измерения коэффициента трансформации
- 5. Измерения силы тока и потерь холостого хода
- 6. Измерения сопротивления короткого замыкания обмоток
- 7. Физико- химический анализ трансформаторного масла

Физико- химический анализ трансформаторного масла

1. Определение пробивного напряжения
2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь
3. Определение механических примесей (класса чистоты)
4. Определение температуры вспышки
5. Измерение влагосодержания (количественный и качественный)
6. Определение водорастворимых кислот (ВРК)
7. Определение кислотного числа (КОН)
8. Определение общего гасосодержания
9. Хроматографический анализ
10. Определение фурановых соединений
11. Определение стабильности против окисления

Измерение сопротивления изоляции



а -НН-бак; б -ВН-бак; в -(ВН+НН)-бак; 1-трансформатор; 2-мегаомметр

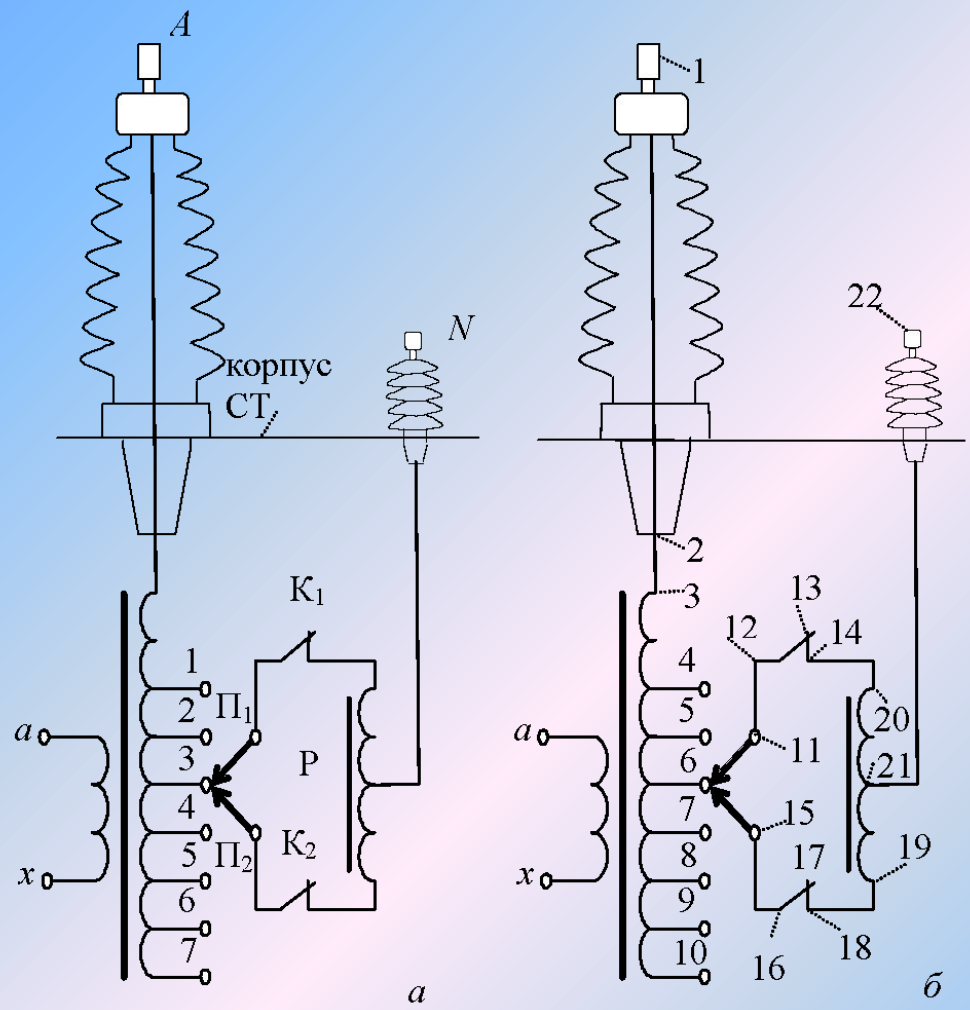
Измерения производят мегаомметром на 2500 В

Определение сопротивления постоянному току

Наиболее характерными дефектами, которые обнаруживаются при этом измерении, являются:

1) *обрыв одного или нескольких из параллельных проводов в отводах;*
2) *нарушение пайки;*
3) *недоброкачественный контакт присоединения отводов обмотки к вводам;*
4) *недоброкачественный контакт в переключателях ПБВ или устройствах РПН;*
5) *неправильная установка привода ПБВ;*
6) *обрыв токоограничивающих резисторов быстродействующих РПН*

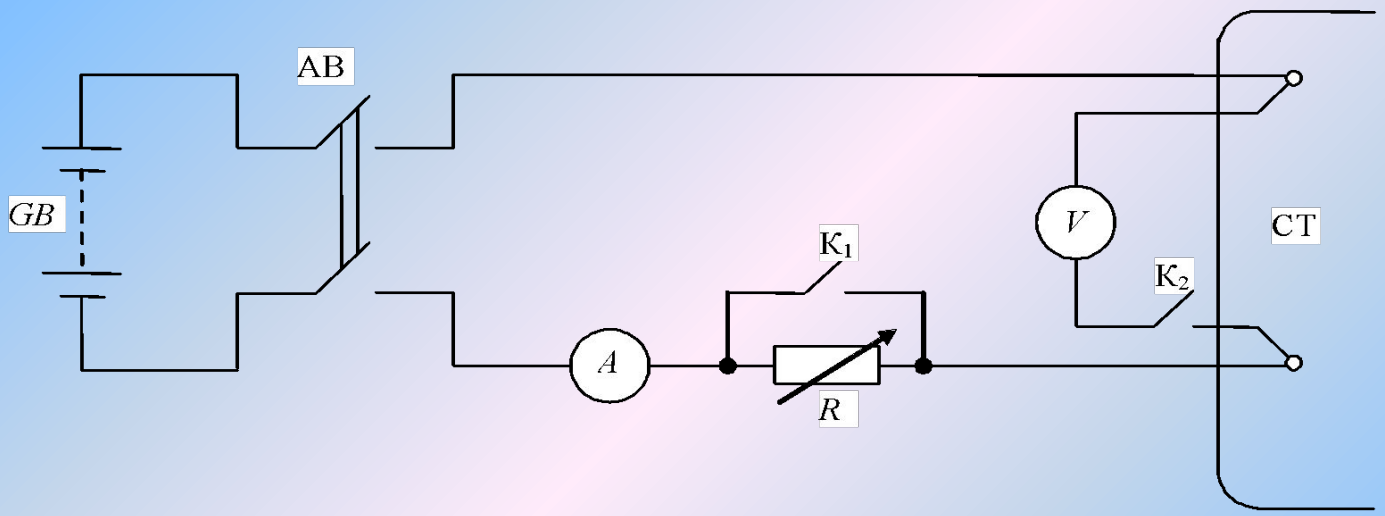
Элементы СТ одной фазы с реакторным РПН (возможные местоположения дефектов)



а) 1÷7 ответвления регулировочной обмотки;
$К_1$, $К_2$ – контакты контактора;
$П_1$, $П_2$ – контакты переключателя;
Р – реактор;

б) 1÷22 – точки расположения контактов, где возможен плохой контакт

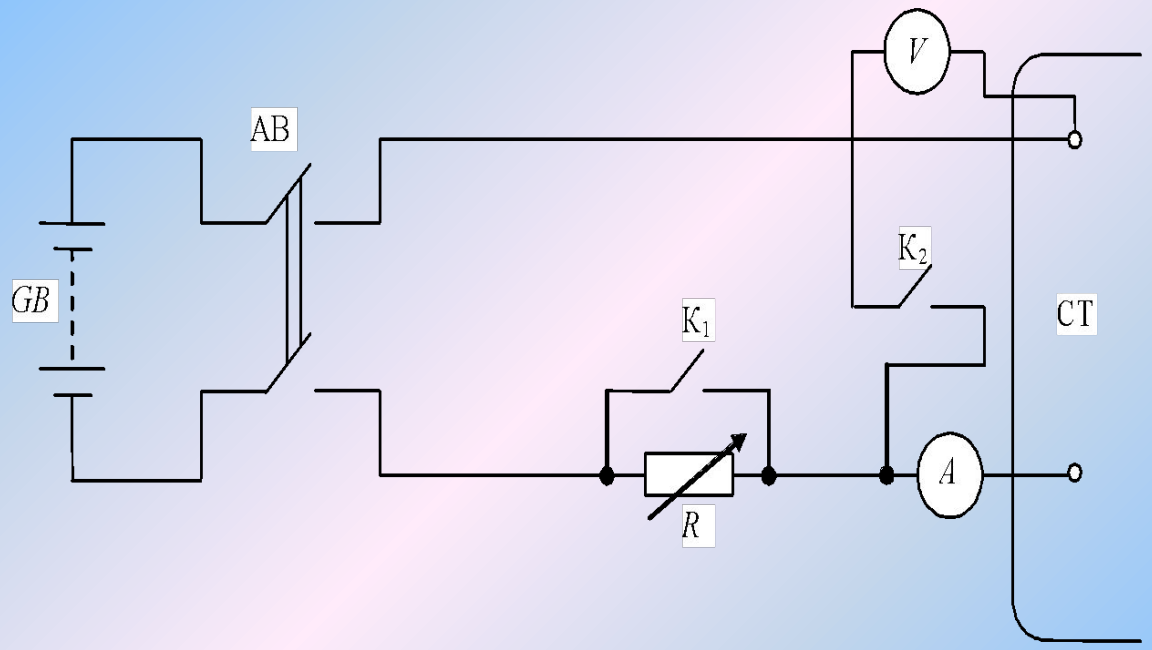
Схема измерения малых сопротивлений постоянному току СТ: (до 10 Ом)



GB – аккумулятор;
АВ – автомат;
$К_1$, $К_2$ – ключи;
R – реостат

$$r_x = \frac{U}{I - \frac{U}{r_В}},$$

Схема измерения больших сопротивлений постоянному току СТ (менее 10 Ом)

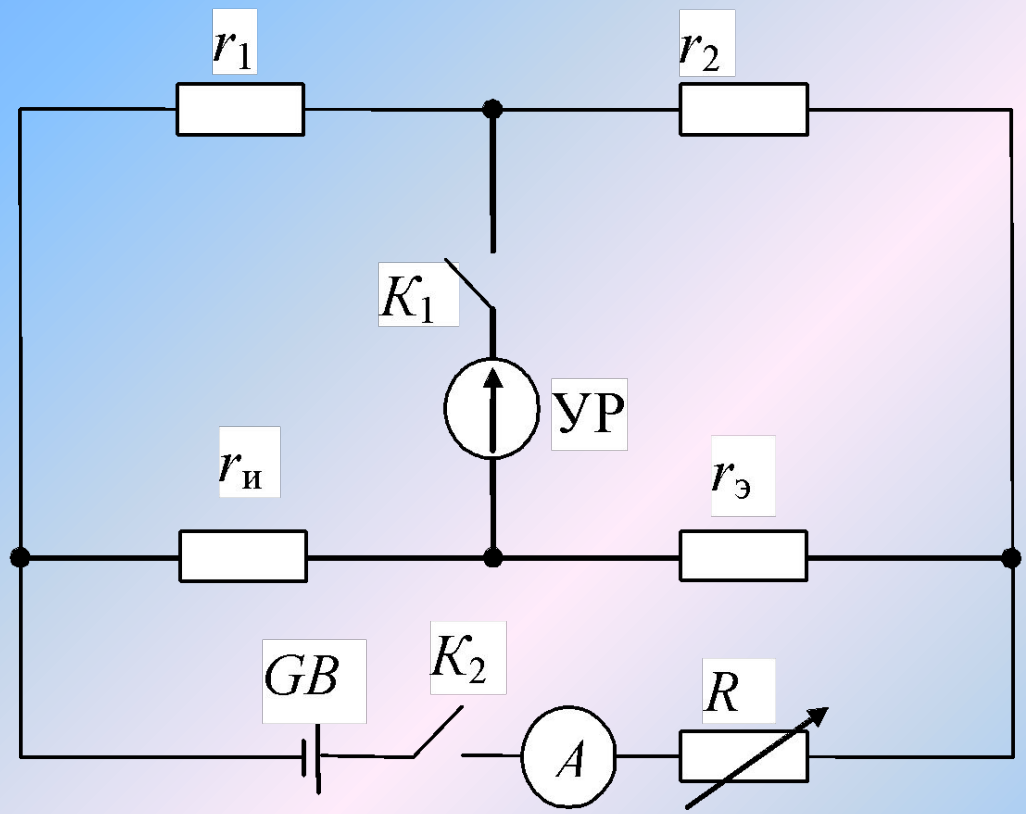


GB – аккумулятор;
АВ – автомат;
$К_1$, $К_2$ – ключи;
R – реостат

$$r_x = \frac{U}{I} - \left(r_A + r_{пр}\right),$$

Принципиальная схема одинарного моста постоянного тока:

Данная схема применяется для измерения больших сопротивлений (1 Ом и более)



УР – указатель равновесия;

$r_и$ – измеряемое сопротивление;

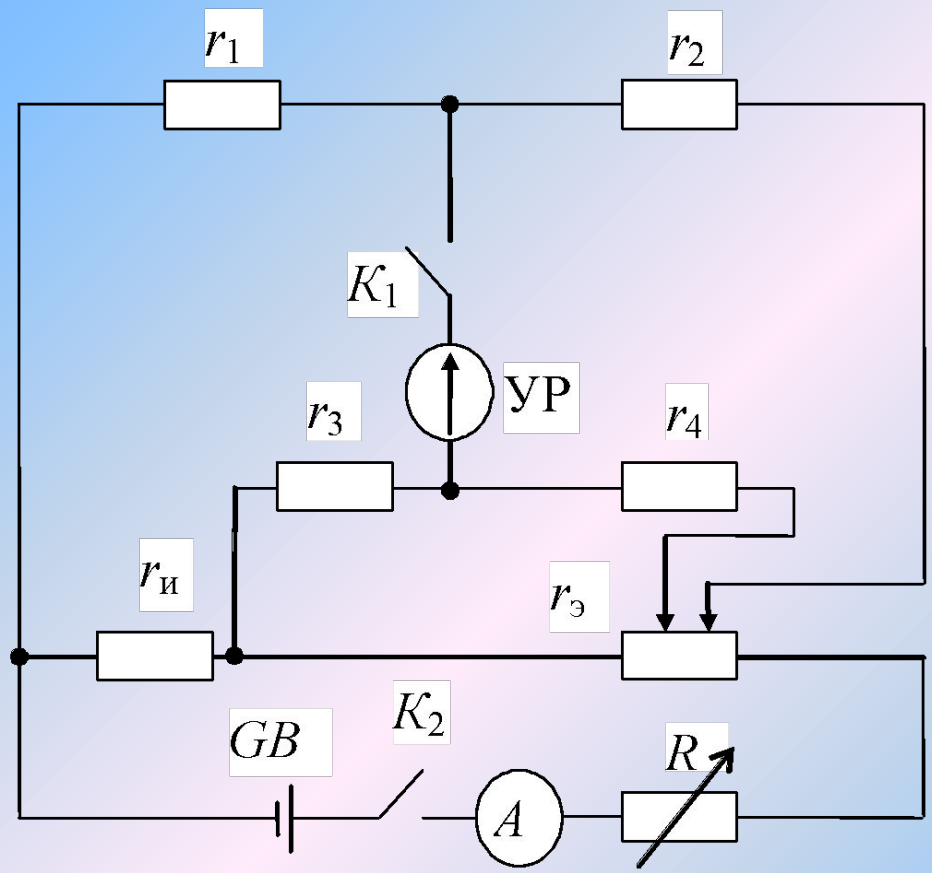
GB – аккумулятор;

$К_1$ и $К_2$ – ключи;

R–реостат

Принципиальная схема двойного моста постоянного тока

Данная схема применяется для измерения малых сопротивлений (менее 1 Ом)



УР – указатель равновесия;

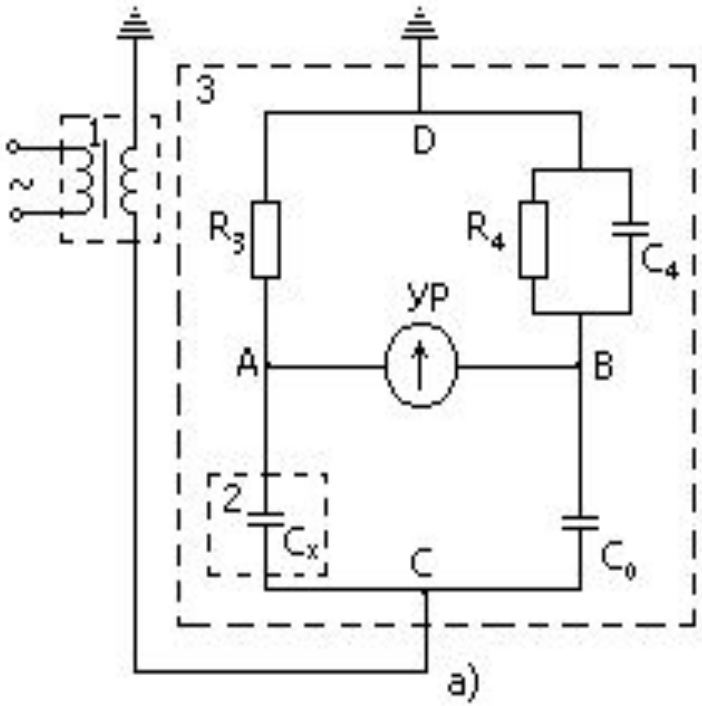
$r_и$ – измеряемое сопротивление;

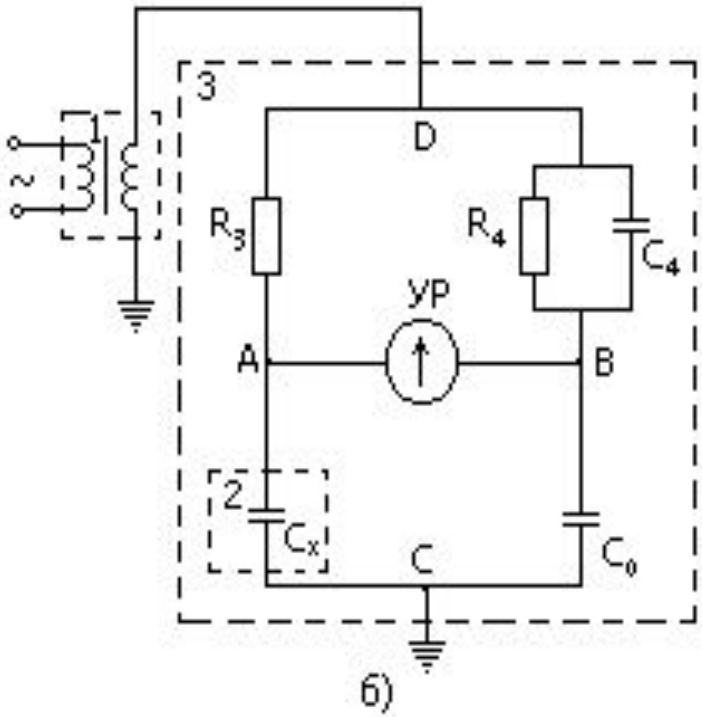
GB – аккумулятор;

$К_1$ и $К_2$ – ключи;

R – реостат

Определение диэлектрических потерь





а-нормальная; б-перевернутая
1-источник напряжения; 2-испытуемый объект;
3-измерительный мост; C_x-емкость испытуемого объекта;
C_0-емкость образцового конденсатора; УР-указатель равновесия моста;
R_3, R_4, C_4 - элементы моста.

Контроль изоляции по tgδ позволяет: -дать усредненное состояние диэлектрика;
-обнаружить общее увлажнение изоляции, старение материала;
-определить разрушение изоляции в результате длительной ионизации

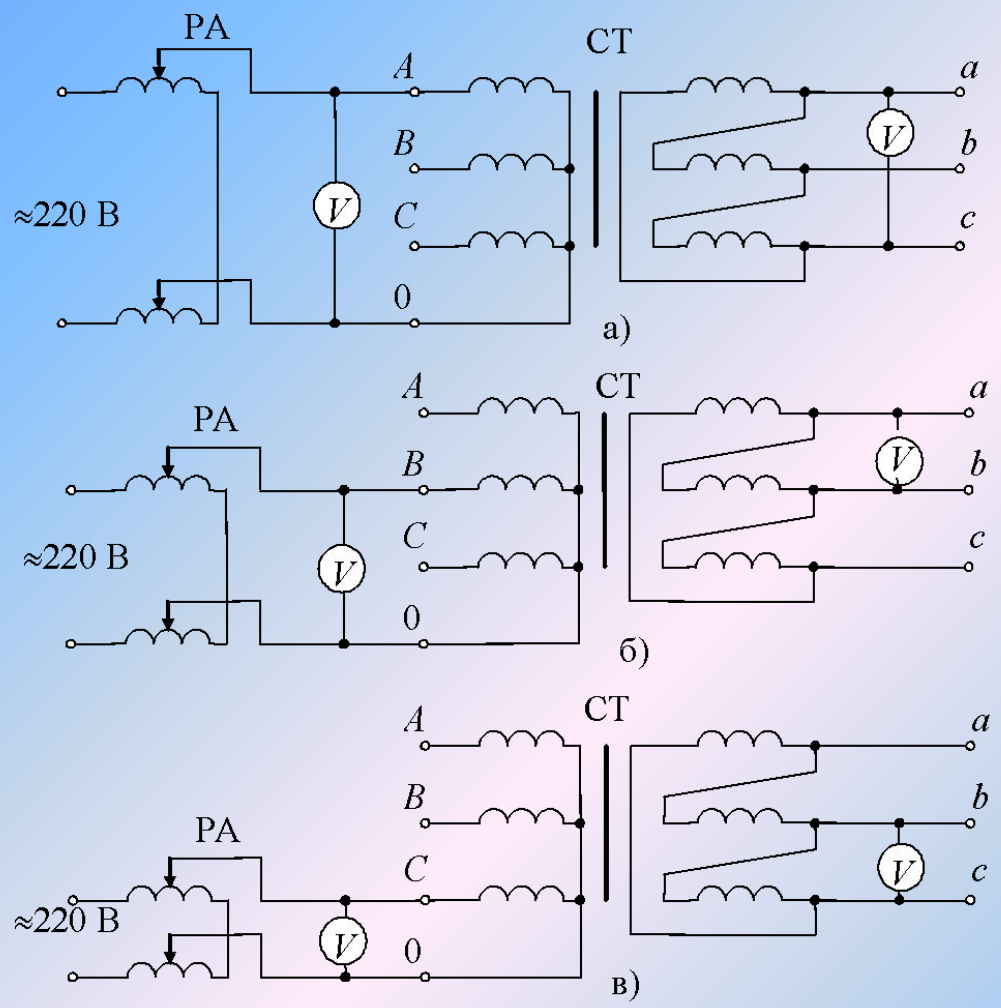
Измерения коэффициента трансформации

Путём измерения коэффициента трансформации могут выявляться следующие отклонения:

1. Неправильное подсоединение отводов РПН;
2. Неправильная установка привода ПБВ.

Во время текущей эксплуатации этим измерением выявляется витковое замыкание обмоток.

Схема измерения Кт



Для определения коэффициента трансформации трехфазного двухобмоточного трансформатора (схема и группа соединения Yн/Δ-11) при однофазном возбуждении:
а – измерение на фазе *A*,
б – измерение на фазе *B*;
в – измерение на фазе *C*; РА – регулируемый автотрансформатор; СТ – испытуемый силовой трансформатор

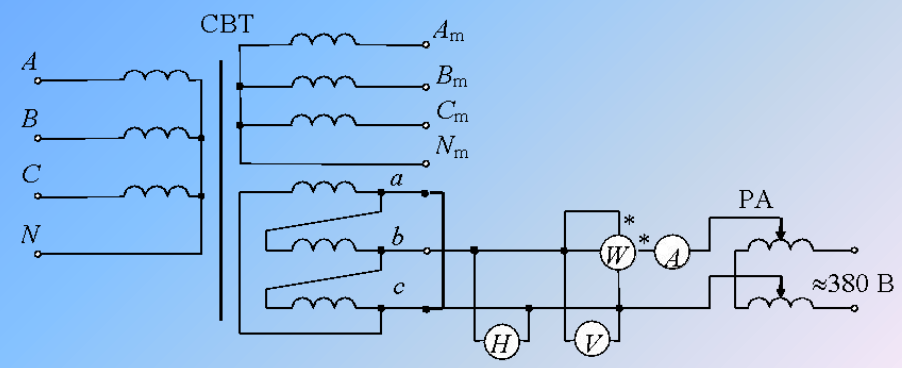
Измерения силы тока и потерь холостого хода

Измерения производятся с целью выявления:

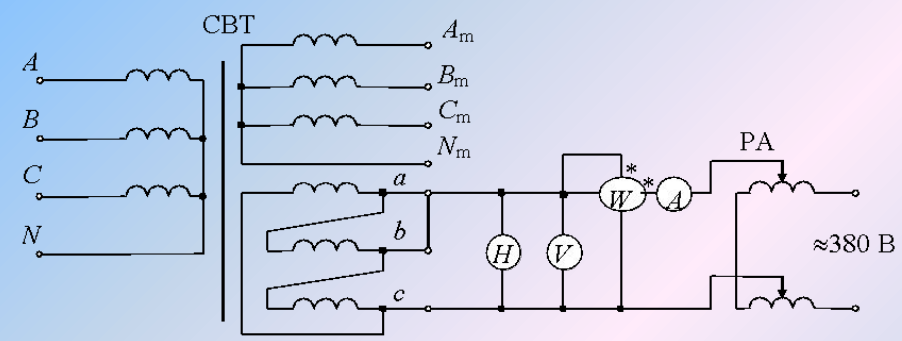
1. Возможных витковых замыканий в обмотках
2. Замыканий магнитопровода на бак трансформатора
3. Замыканий в элементах магнитопровода

Измерения производят для СВТ мощностью 10000 кВ · А и более перед пуском в эксплуатацию, а также в течение срока службы трансформатора

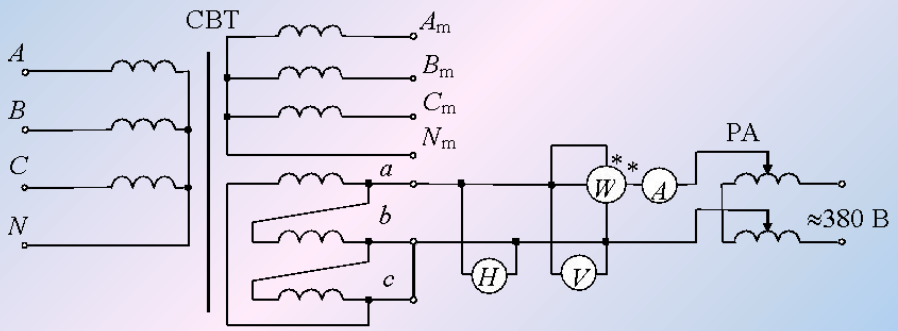
Схема измерения силы тока и потерь ХХ



а) Измерение I: закорочена фаза *a*, возбуждены фазы *b* и *c*



б) Измерение II: закорочена фаза *b*, возбуждены фазы *a* и *c*



в) Измерение III: закорочена фаза *c*, возбуждены фазы *a* и *b*

Эти испытания производятся для трансформаторов мощностью 10000 кВА и более

При отсутствии дефекта в трехфазном трансформаторе потери P'вс и P'ав при допустимом отклонении 5% практически равны.

Потери P'ас на 25-50% (в зависимости от конструкции и числа стержней магнитопровода трансформатора) больше потерь P'вс и P'ав.

Измерения полного сопротивления короткого замыкания обмоток (Zk)

Измерения необходимо производить:
1) перед вводом в эксплуатацию;
2) при капитальных ремонтах;
3) после протекания через трансформатор токов более 0,7 расчетного тока короткого замыкания (к.з.) трансформатора.

Данное измерение необходимо проводить для диагностики механических деформаций обмоток трансформаторов и автотрансформаторов класса напряжения 110 кВ и выше мощностью 125 МВ · А и более.

Схема измерения Zk

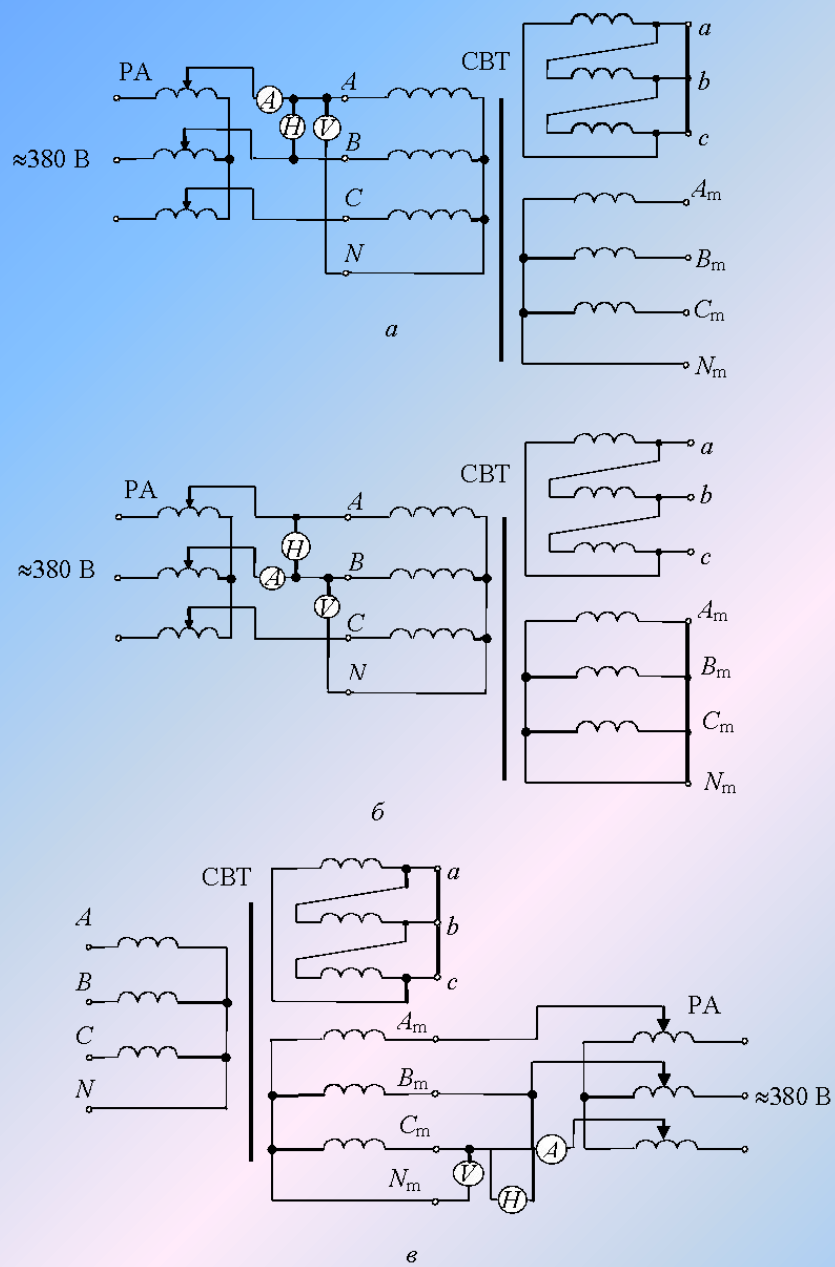


Схема и группа соединения трансформатора *Y*н/*Y*н (Δ-0-11):

а – обмотки ВН - НН (измерение на фазе *A*);
б – обмотки ВН-СН (измерение на фазе *B*);
в – обмотки СН - НН (измерение на фазе *C*)

Значения *Z*k, измеренные в процессе эксплуатации и после капитального ремонта не должны превышать исходные более, чем на 3 %.

У трехфазных трансформаторов дополнительно нормируется различие значений *Z*k по фазам на основном и крайних ответвлениях. Оно не должно превышать 3 %.

Методы диагностирование СТ под рабочим напряжением

1.Тепловизионный контроль
2.Виброконтроль
3.Измерения частичных разрядов
4.Определение содержания растворённых в масле газов,
5. Контроль влажности и температуры в трансформаторе
7. Акустический
8.Определение наиболее нагретых точек с помощью волоконно-оптических датчиков
9.Контроль высоковольтных вводов под рабочим напряжением, путем сравнения проводимостей и угла потерь между фазами
10. Измерение индукции магнитного поля вдоль бака трансформатора
11 Контроль характеристик электромагнитного излучения СВЧ-диапазона
12. Оценка механического состояния устройств РПН по частотному методу, по изменению тока или нагрузки электродвигателя привода устройства, оценка износа контактов по измерению концентрации нетрадиционных газов в масле бака устройства РПН, а также по определению разницы температур в баке устройства РПН и основном баке трансформатора

фиолетовый (380÷450 нм),
синий (450÷480 нм),
голубой (480÷510 нм),
зеленый (510÷575 нм),
желтый (575÷585 нм),
оранжевый (585÷620 нм)
красный (620÷760 нм).

При проведении ИК−контроля должны учитываться следующие факторы:

− электромагнитные (значение токовой нагрузки, тепловая инерция, магнитные поля, нагрев индукционными токами, коронирование);

−окружающая среда (атмосфера, солнечное излучение, скорость ветра, дождь и снег);

− расстояние до объекта и угол наблюдения;

− тепловое отражение;

− коэффициент излучения материала;

− солнечная радиация и т.п.

Тепловизионный контроль

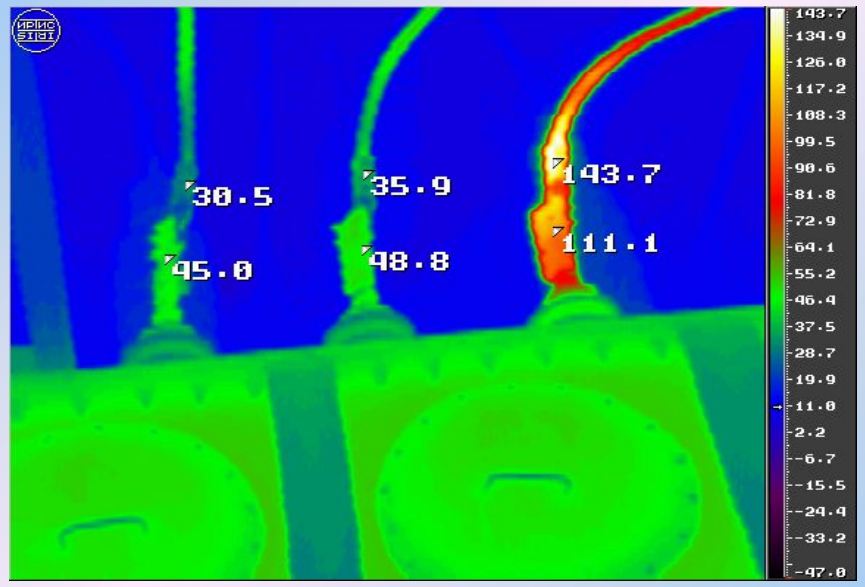
П/ст «Шоркистры» (Южные электрические сети)

Ввода («С», «В», «А»)

Дефект: нагрев аппаратного зажима ввода **ф. «В» ΔТ = 125,7°С.**

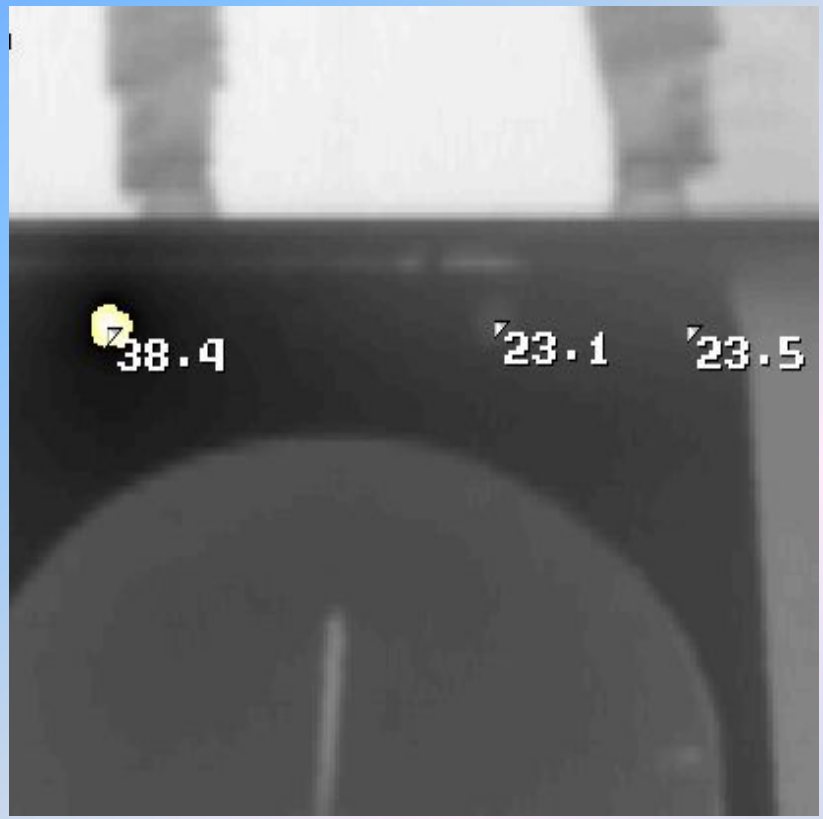
Рекомендации: вывести в ремонт и отрегулировать контактное соединение.

Заключение: аварийный дефект требует немедленного устранения.



Термограмма вводов на стороне обмотки 6 кВ силового трансформатора 110 кВ на п/ст «Студенческая»

Подстанция «Западная» Т-2
Северные электрические сети



Болт напротив ввода обмотки НН ф. «С»

Дефект: нагрев болта, соединяющего бак трансформатора с крышкой
ΔТ = 15,3 °С.
Причина: нагрев вызван короткозамкнутым контуром образованным внутри бака трансформатора.
Заключение: Необходимо провести тепловизионное обследование трансформатора через 6 месяцев. Немедленно отобрать пробу масла на ХАРГ. Предусмотреть вскрытие трансформатора на лето 2004 года.

Спасибо за внимание