



Ставропольский государственный
аграрный университет



УРОК № 5

Контроль технического состояния трансформаторов



Ставропольский государственный
аграрный университет



Учебные цели

Знать способы и средства
контроля технического
состояния трансформаторов
масляных (ТМ) систем
электрооборудования (СЭС).



Учебные вопросы

1. Трансформаторы масляные (ТМ) СЭС как объекты контроля.
2. Контроль технического состояния отключенного ТМ.
3. Контроль технического состояния ТМ под рабочим напряжением.



Учебная литература.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М: НОРМАТИКА, 2020. – 188с.

4. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. - Ставрополь, «АГРУС», 2013, 256с.



Ставропольский государственный
аграрный университет

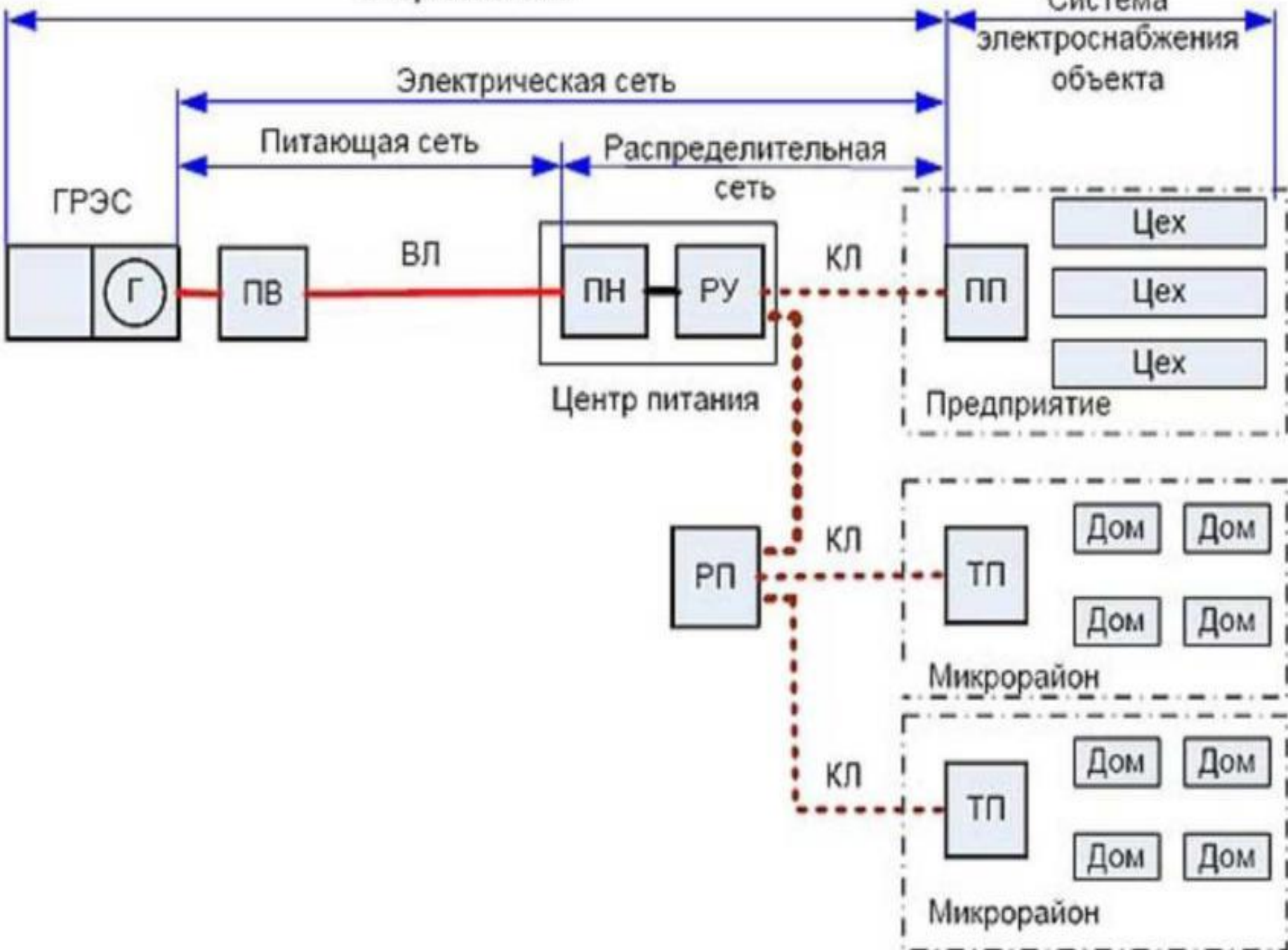


Введение.

Контроль технического состояния силовых трансформаторов масляных (ТМ) систем электроснабжения (СЭС). должен проводиться в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов (НТД). Источники 2 и 4.

Энергосистема

Система электроснабжения объекта





Ставропольский государственный аграрный университет



Генерация



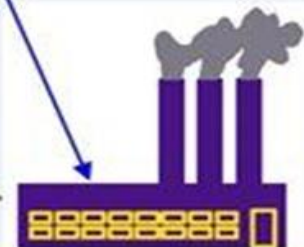
Передача

СИЛОВЫЕ

трансформаторы являются ключевыми дорогостоящими компонентами для систем электропитания.

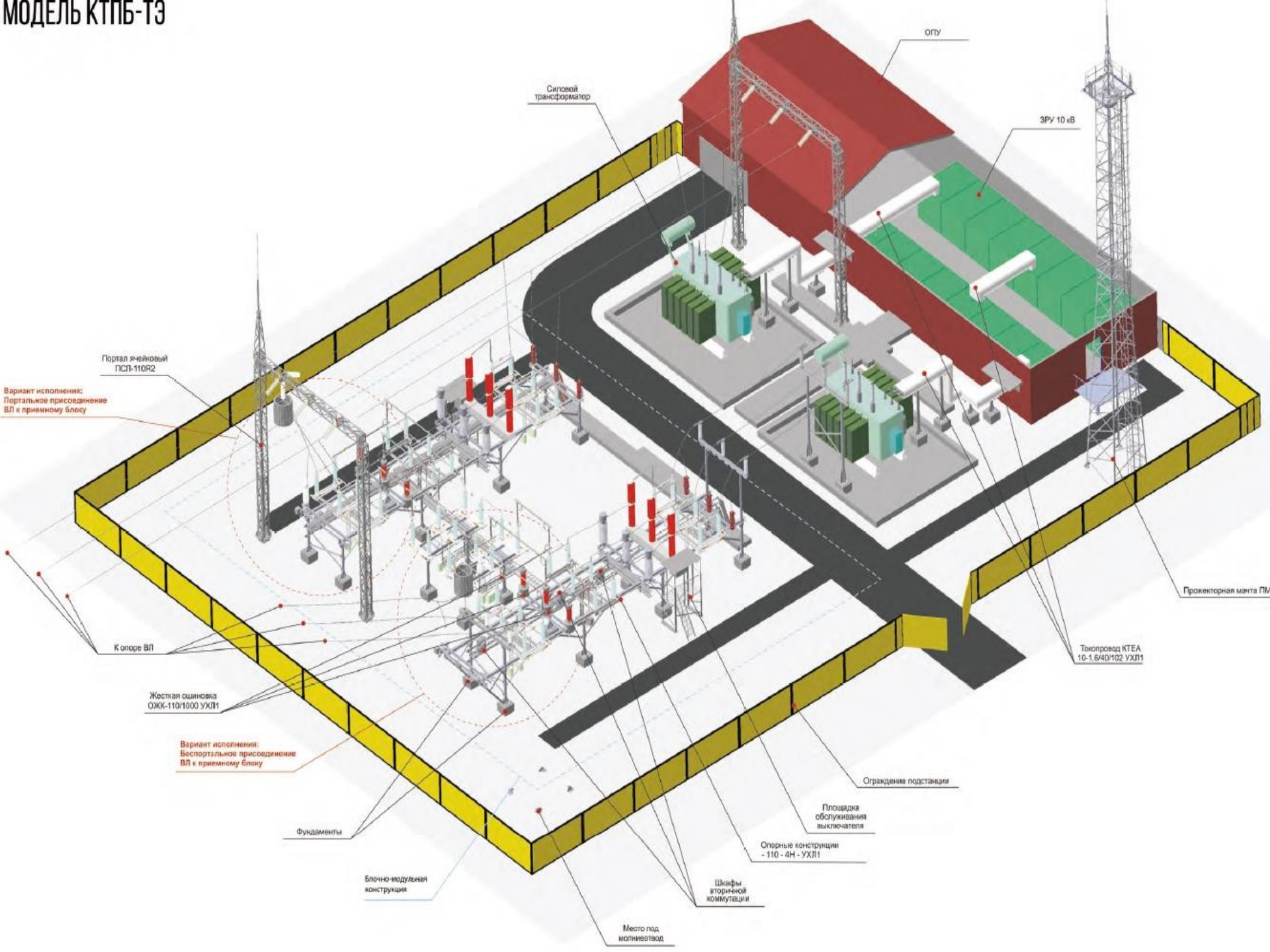


Распределение



Потребитель

МОДЕЛЬ КТПБ-ТЭ





1. Трансформаторы масляные (ТМ) СЭС как объекты контроля.

Проблемы.

1. Методы контроля технического состояния разработаны в прошлом веке, более 30 лет назад.

2. Контроль технического состояния в основном на отключенном ТМ.

3. Мало установлено систем контроля технического состояния ТМ-110кВ.

Виды силовых трансформаторов



*силовой сухой 0,4 кВ
трехфазный*



*силовой масляный 0,4
кВ трехфазный*

По назначению:

- Понижающий
- Повышающий

По мощности:

- От 0,4 кВ
- До 500 кВ

По числу фаз:

- Однофазный
- Трехфазный

По способу охлаждения:

- Сухой
- Масляный

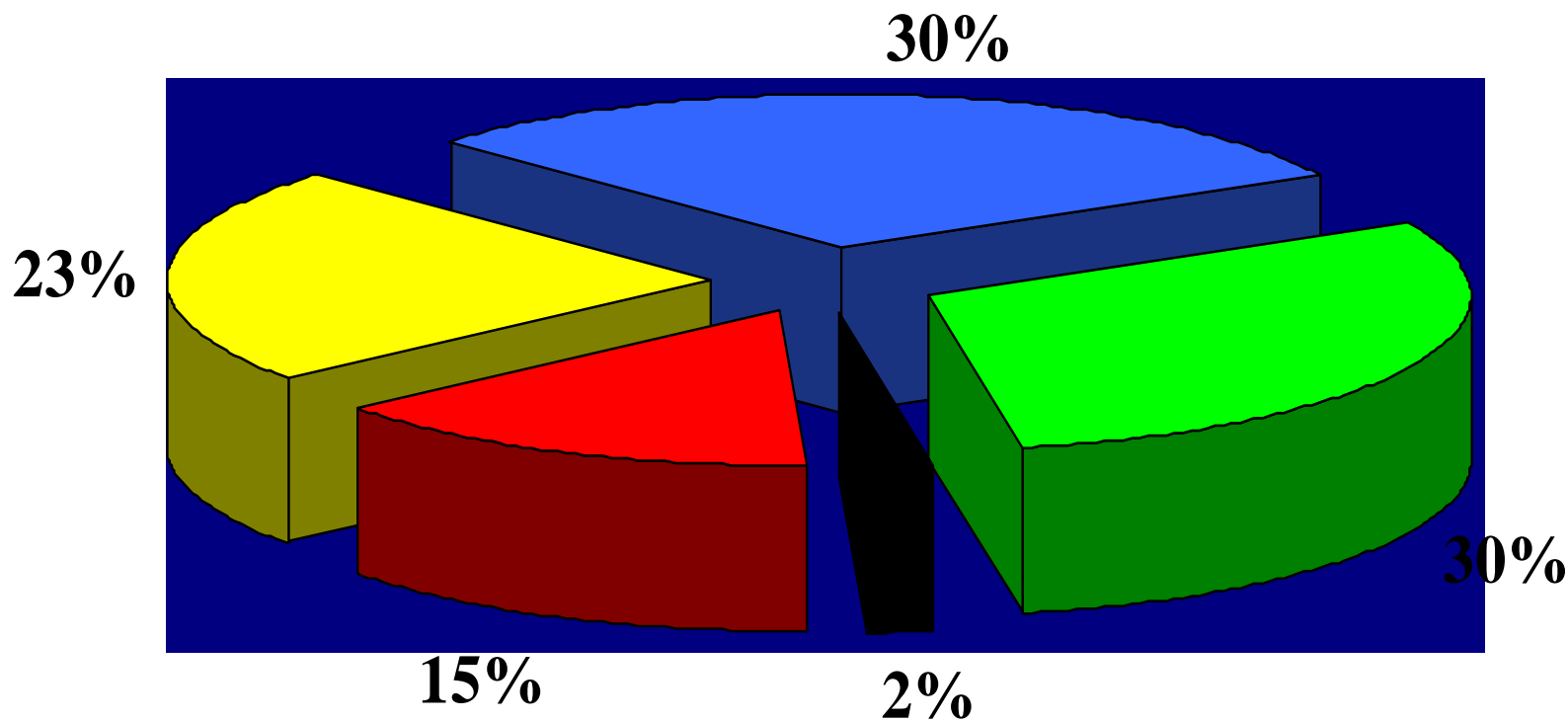


*силовой масляный 110
кВ трехфазный*

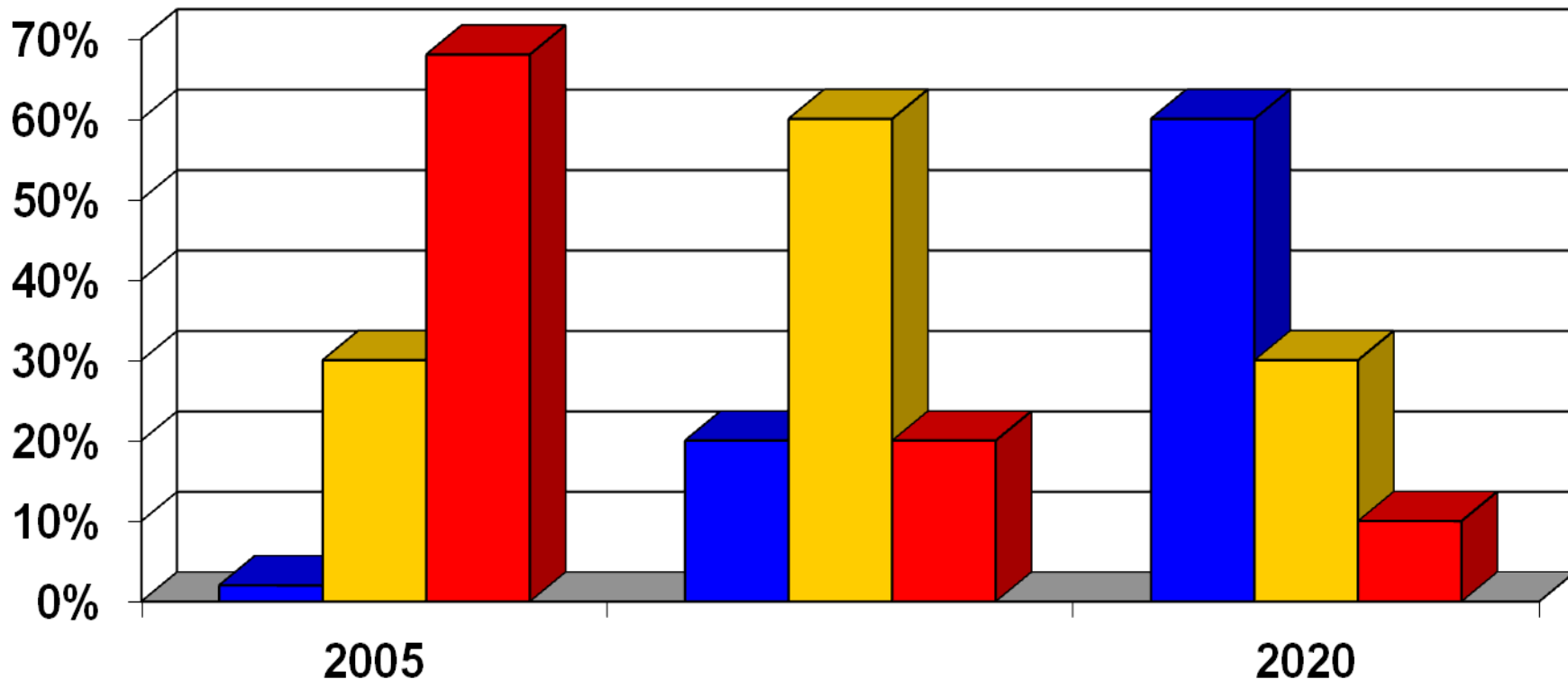


*силовой масляный 35
кВ трехфазный*

Результаты обследования ТМ со сроком службы более 30 лет



- Немедленный вывод из работы - 2%
- Капитальный ремонт - 15%
- Замена вводов и ремонт отдельных узлов - 23%
- Учащенный диагностический контроль - 30%
- Не требуют дополнительных эксплуатационных мероприятий - 30%



- **Автоматизированный непрерывный контроль параметров трансформаторного оборудования под рабочим напряжением**
- **Периодический контроль параметров трансформаторного оборудования под рабочим напряжением**
- **Периодический контроль параметров трансформаторного оборудования со снятием напряжения**

ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ.

- 1. Своевременное обнаружение дефекта.**
- 2. Ремонт по текущему состоянию.**
- 3. Продление срока службы.**
- 4. Непрерывный контроль элементов ТМ.**
- 5. Рост эффективности контроля.**
- 6. Снижение расходов на ремонты ТМ.**
- 7. Повышение надежности за счет контроля режимов работы СЭС.**

Высоковольтные Вводы

- значение $\text{tg}\delta$
- значение емкости С
- небаланс токов проводимости
- давление во вводе
- оценка состояния изоляции

Окружающая Среда

- температура воздуха
- влажность воздуха

Расширительный Бак

- уровень масла

Активная Часть

- температура обмотки
- расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки
- оценка состояния изоляции
- расчет потерь ХХ и КЗ
- оценка деформации обмотки
- содержание влаги в изоляции

Трансформаторное Масло

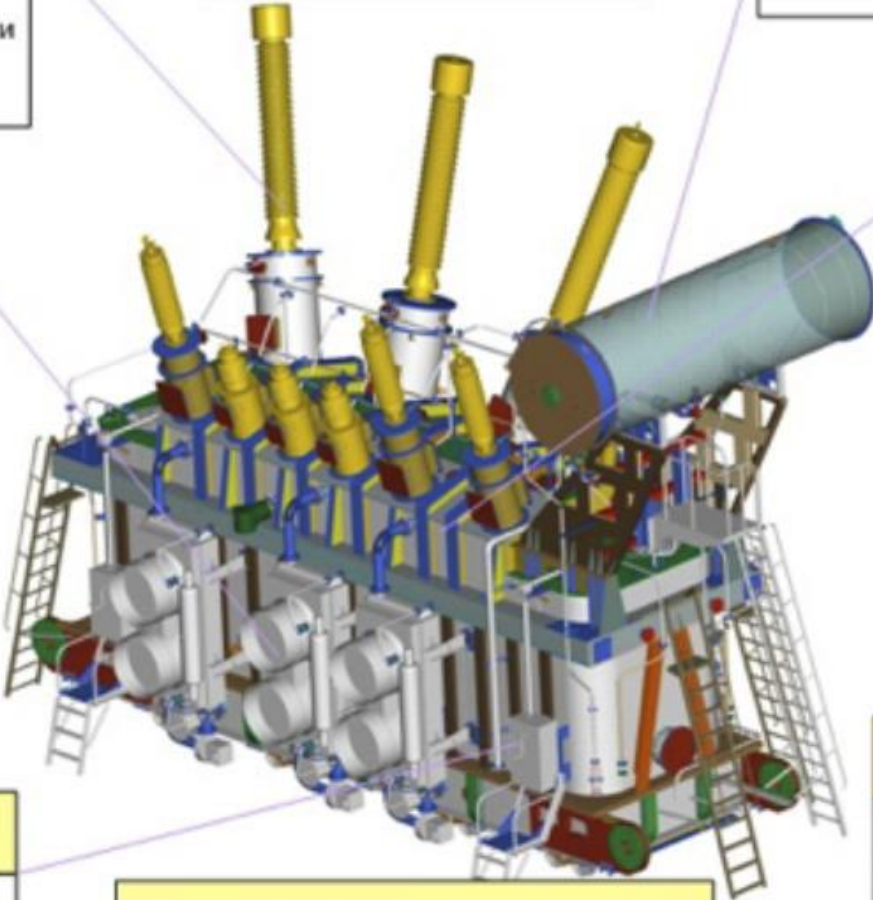
- газосодержание
- влагосодержание
- температура верхних слоев
- температура нижних слоев

Релейная Защита

- уровень масла «максимум»
- уровень масла «минимум»
- перегрев масла
- перегрев обмотки
- реле Бухгольца
- отсечной клапан
- предохранительные клапаны
- небаланс токов проводимости
- предельное газосодержание
- предельное влагосодержание

Система Охлаждения

- температура масла на входе охладителя
- температура масла на выходе охладителя
- поток масла в охладителях
- контроль количества включенных охладителей и насосов
- подсчет моточасов работы охладителей и насосов
- контроль цепей питания и управления
- оценка эффективности системы охлаждения



РПН

- текущее положение
- температура масла РПН
- количество переключений
- ток двигателя привода
- длительность переключения
- оценка остаточного ресурса
- контроль режима управления
- контроль цепей питания и управления

Электрические Показатели

- напряжение
- ток
- мощность (активная, реактивная)
- $\cos \varphi$
- нагрузочная способность
- временные превышения напряжения
- время работы

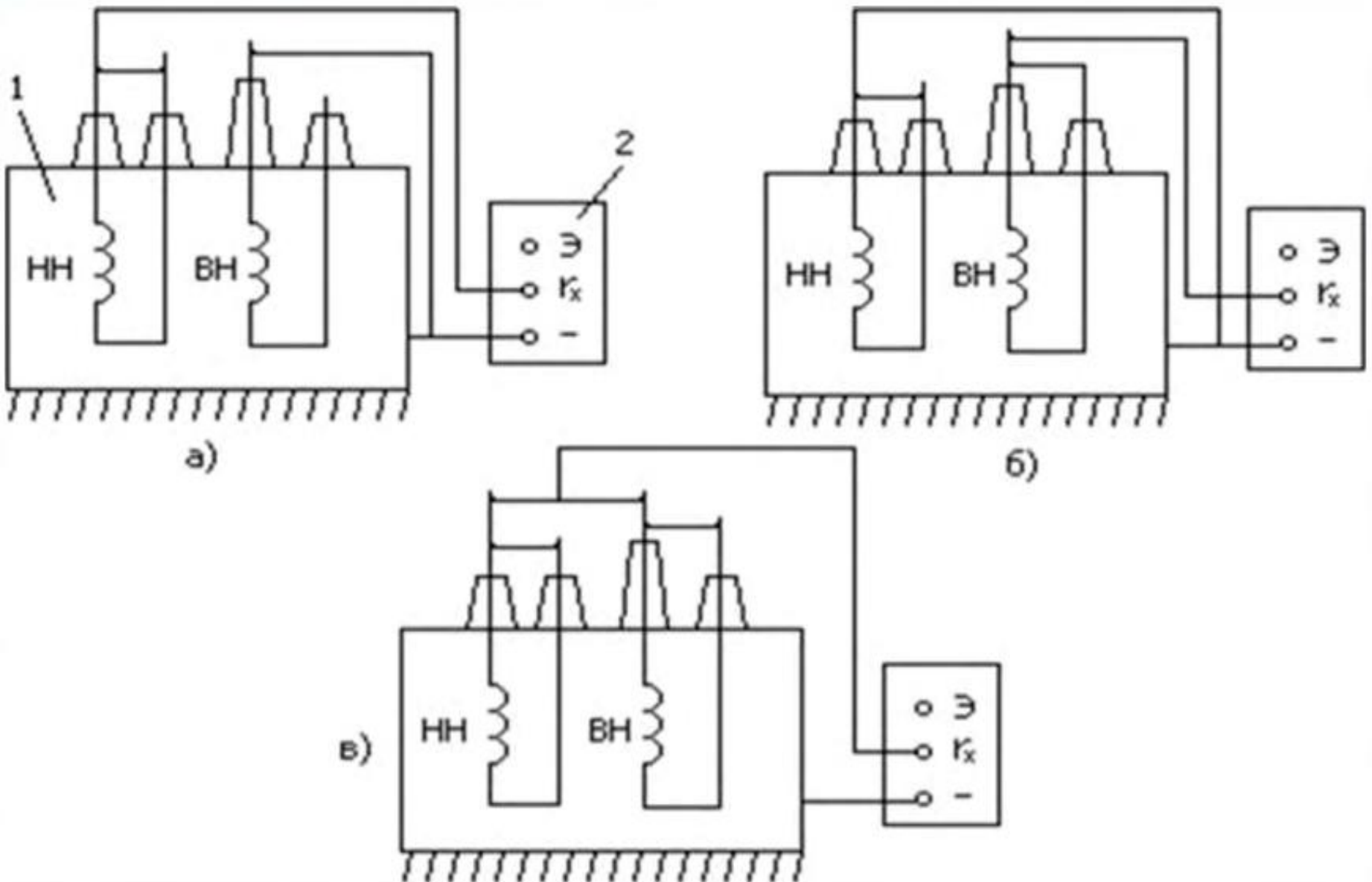


2. Контроль технического состояния отключенного ТМ.

Контролируемые параметры ЭО ТМ.

1. Сопротивление изоляции.
2. Сопротивление постоянному току.
3. Угол диэлектрических потерь.
4. Коэффициент трансформации.
5. Сила тока и потери **ХХ**.
6. Сопротивление **КЗ** обмоток.

Контроль сопротивления изоляции.



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

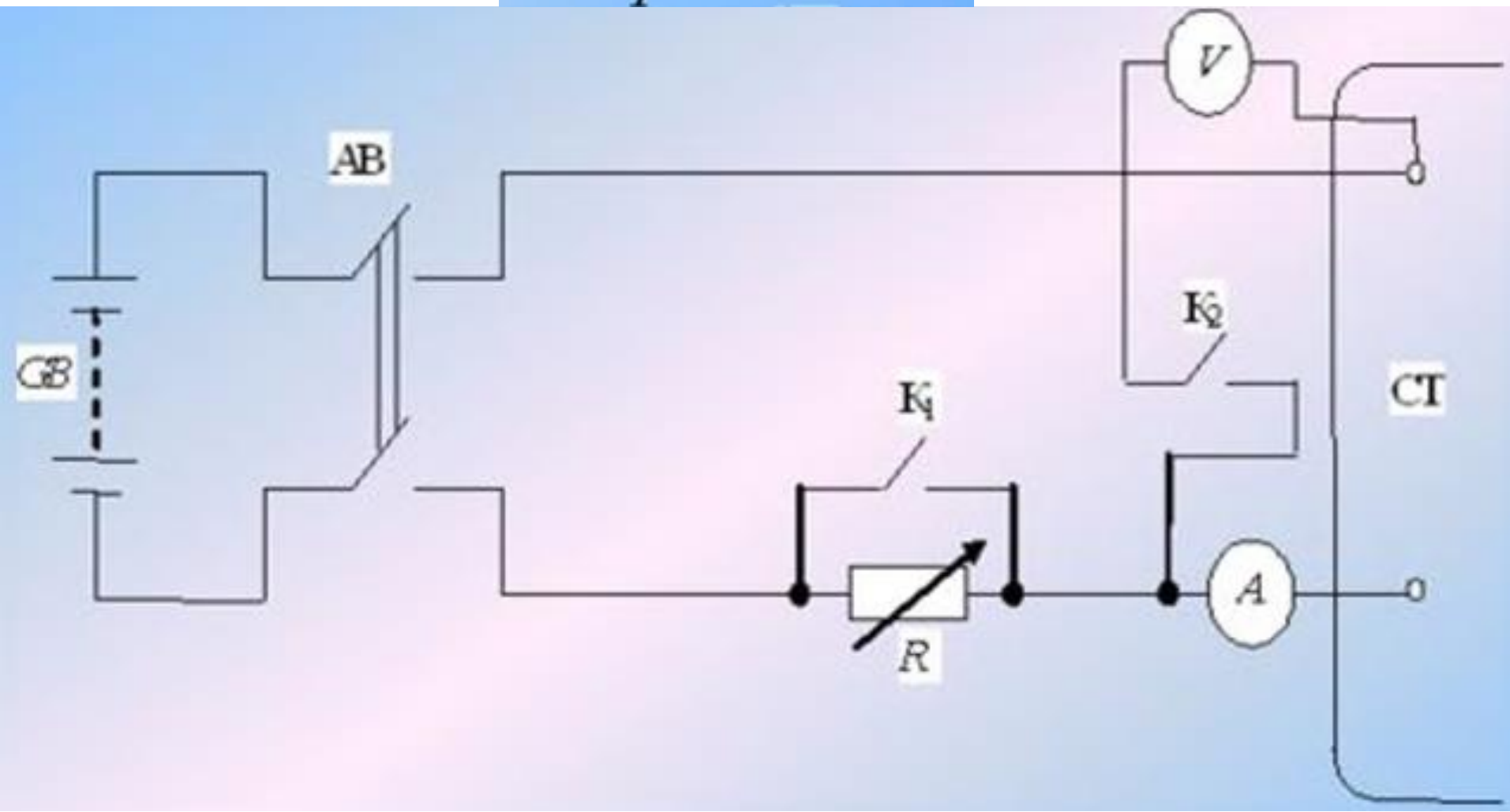
Контроль сопротивления постоянному току.

Характерные дефекты.

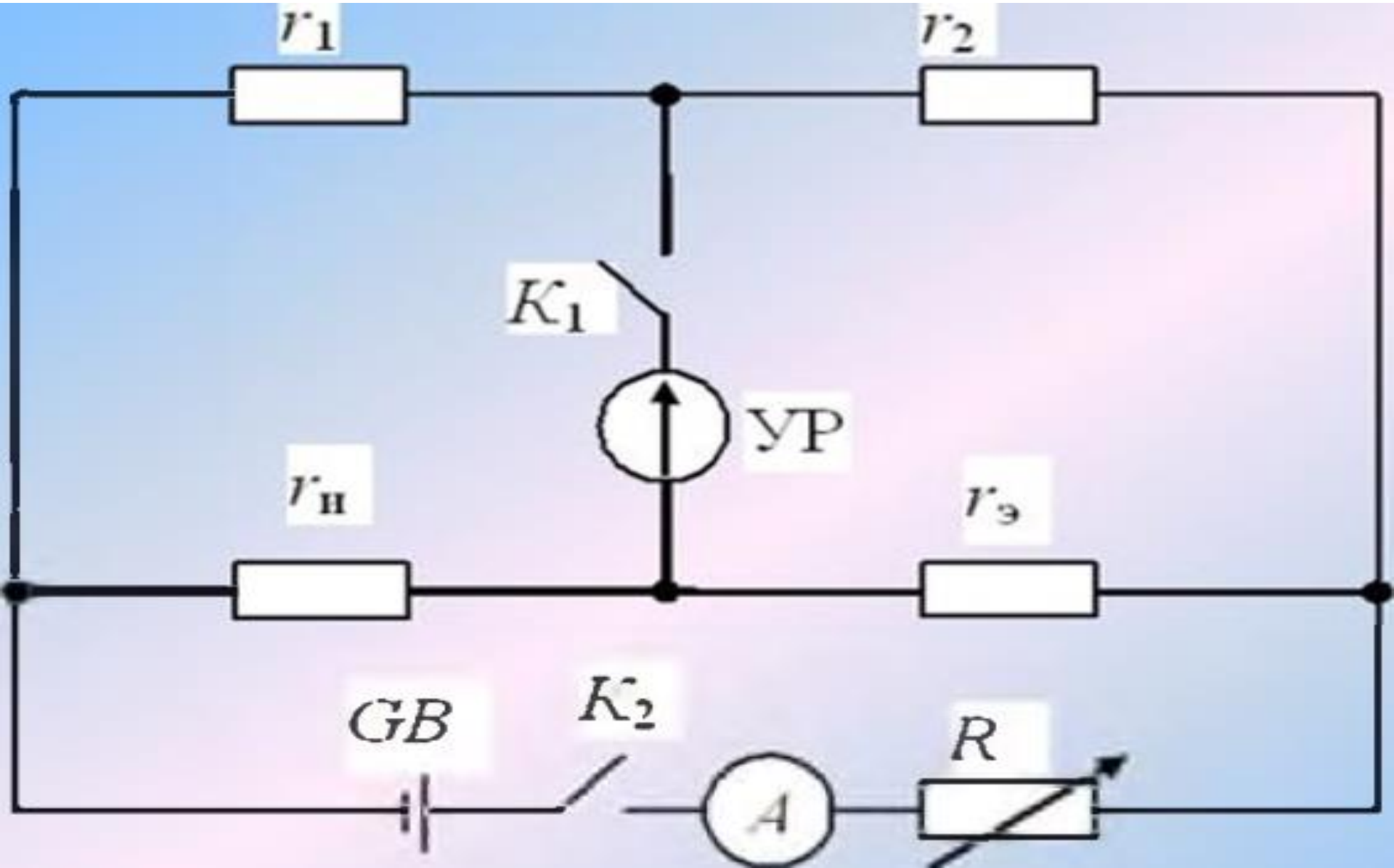
1. Обрыв параллельных проводов в отводах.
2. Нарушение пайки.
3. Плохой контакт присоединения отводов обмотки к вводам.
4. Плохой контакт в **ПБВ** или устройствах **РПН**.
5. Неправильная установка привода **ПБВ**.
6. Обрыв токоограничивающих резисторов быстродействующих **РПН**.

1. Схема измерения сопротивлений постоянному току ТМ (менее 10 Ом)

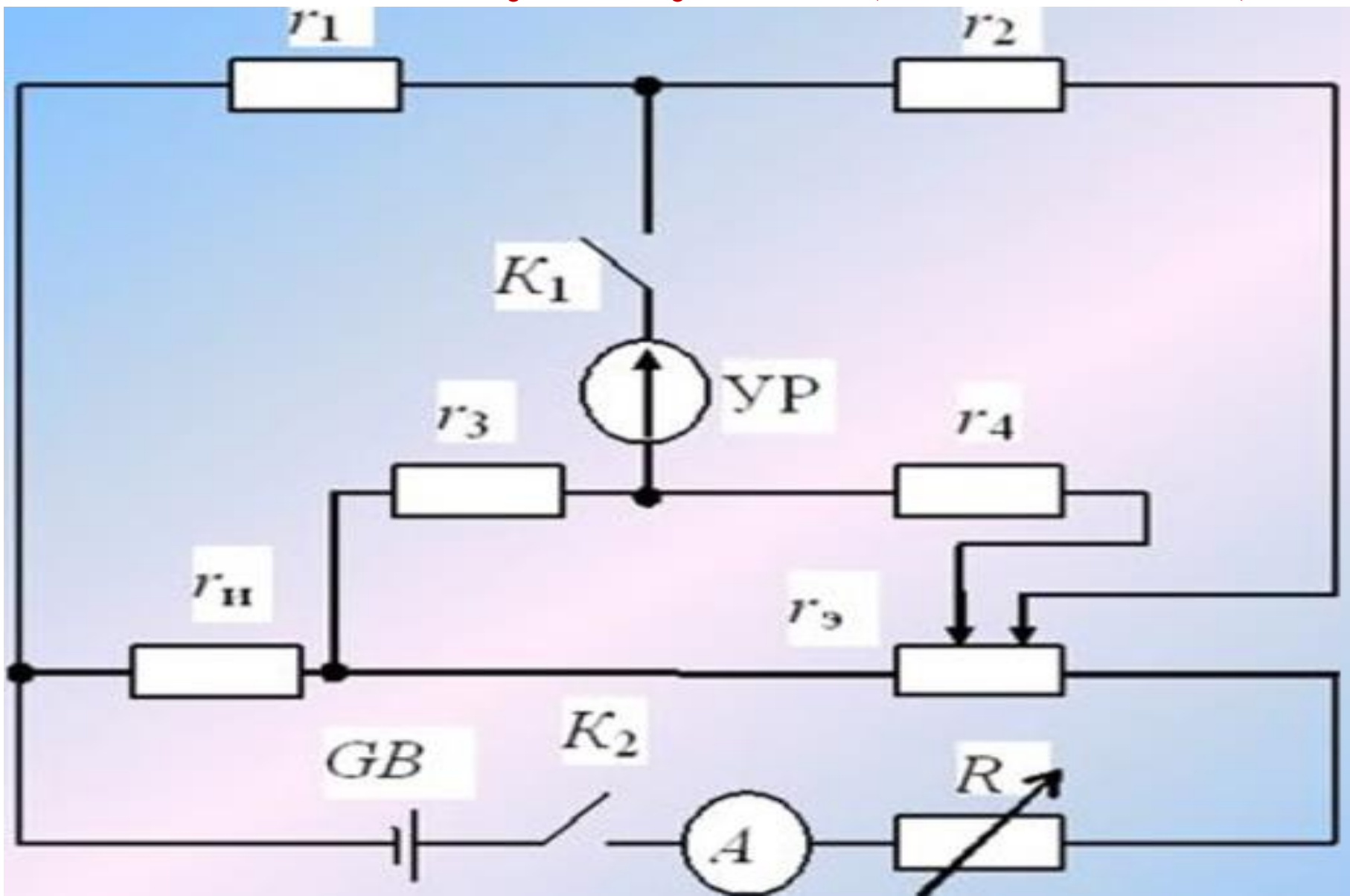
$$r_x = \frac{U}{I} - (r_A + r_{np}),$$



2. Схема измерения сопротивлений постоянному току ТМ (1 Ом и более)



3. Схема измерения сопротивлений постоянному току ТМ (менее 1 Ом)



Полный анализ трансформаторного масла.

- 1. Пробивное напряжение.**
- 2. Тангенс угла диэлектрических потерь.**
- 3. Механические примеси (**класс чистоты**).**
- 4. Температура вспышки.**
- 5. Влагосодержание.**
- 6. Водорастворимые кислоты (**ВРК**).**
- 7. Кислотное число (**КОН**).**
- 8. Газосодержание.**
- 9. Хроматографический анализ.**
- 10. Фурановые соединения.**
- 11. Стабильность против окисления.**

Этапы перехода к системе контроля ТМ по техническому состоянию





3. Контроль технического состояния ТМ под рабочим напряжением.

- 1. Тепловизионный контроль (ТК).**
- 2. Вибрационный контроль (ВК).**
- 3. Контроль частичных разрядов (ЧР).**
- 4. Определение содержания растворённых в масле газов.**
- 5. Контроль влажности и температуры.**
- 6. Акустический контроль.**



7. Определение нагретых точек.
8. Контроль высоковольтных вводов под рабочим напряжением.
9. Измерение индукции магнитного поля вдоль бака **ТМ**.
10. Контроль излучения **СВЧ**-диапазона.
11. Оценка механического состояния устройств **РПН** по частотному методу.



1. Тепловизионный контроль ТМ.

В режимах нагрузки и **ХХ** производят:

1. Съемку поверхностей бака.
2. Выносных контакторов для **ТМ с РПН**.
3. Болтовых соединений крышки бака.
4. Высоковольтных вводов **ТМ**.

Дефекты с образованием в активной части КЗ контуров для токов, обусловленных потоками рассеяния и основным магнитным потоком (**закон ЭМИ**).



Ставропольский государственный
аграрный университет



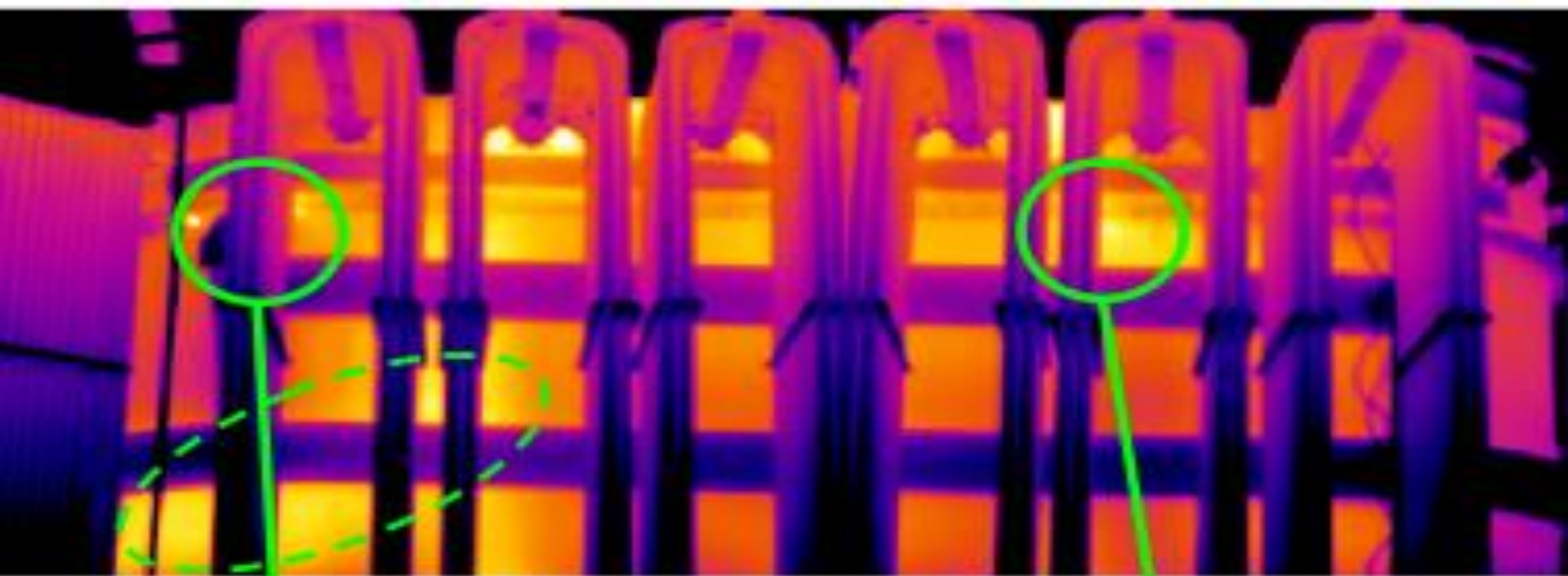
Термограмма поверхности бака ТМ со стороны НН (а) и болтовых соединений крышки бака, имеющих повышенную температуру (б, в).

Режим нагрузки.

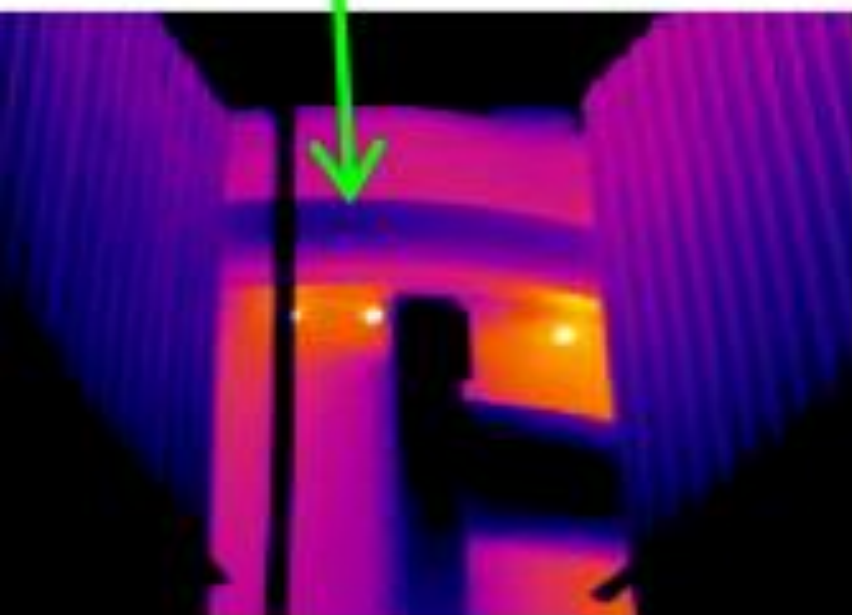
1. Повышенные нагревы болтовых соединений. Избыточные температуры могут достигать 100-130 °С.

2. Повышенный нагрев у фазы С.

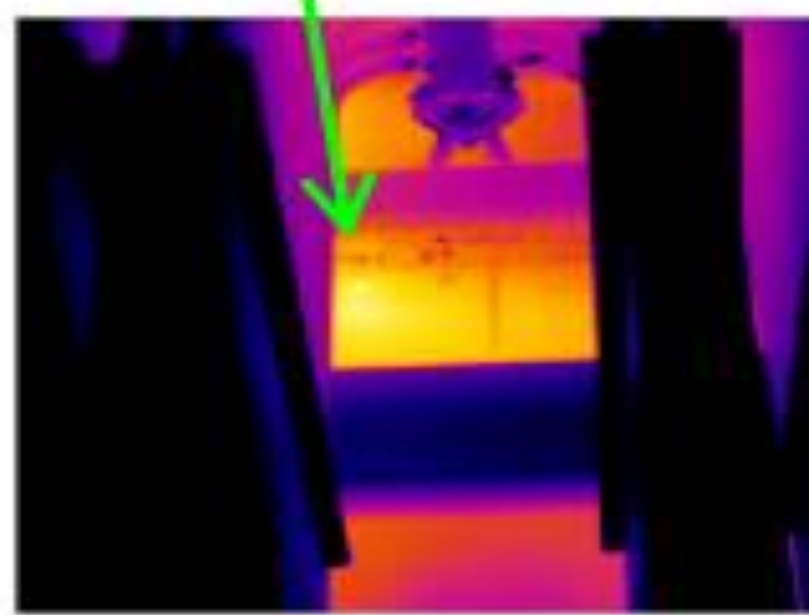
Наличие **КЗ контуров** для токов.



a)



b)



c)



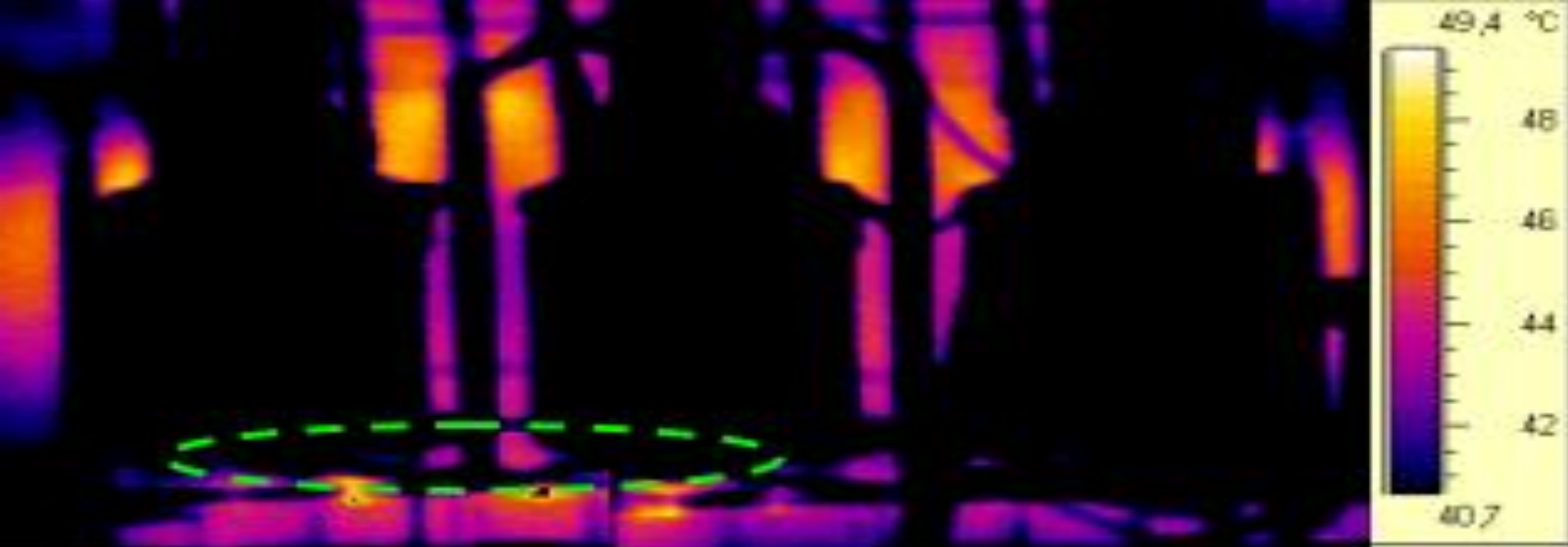
Ставропольский государственный
аграрный университет



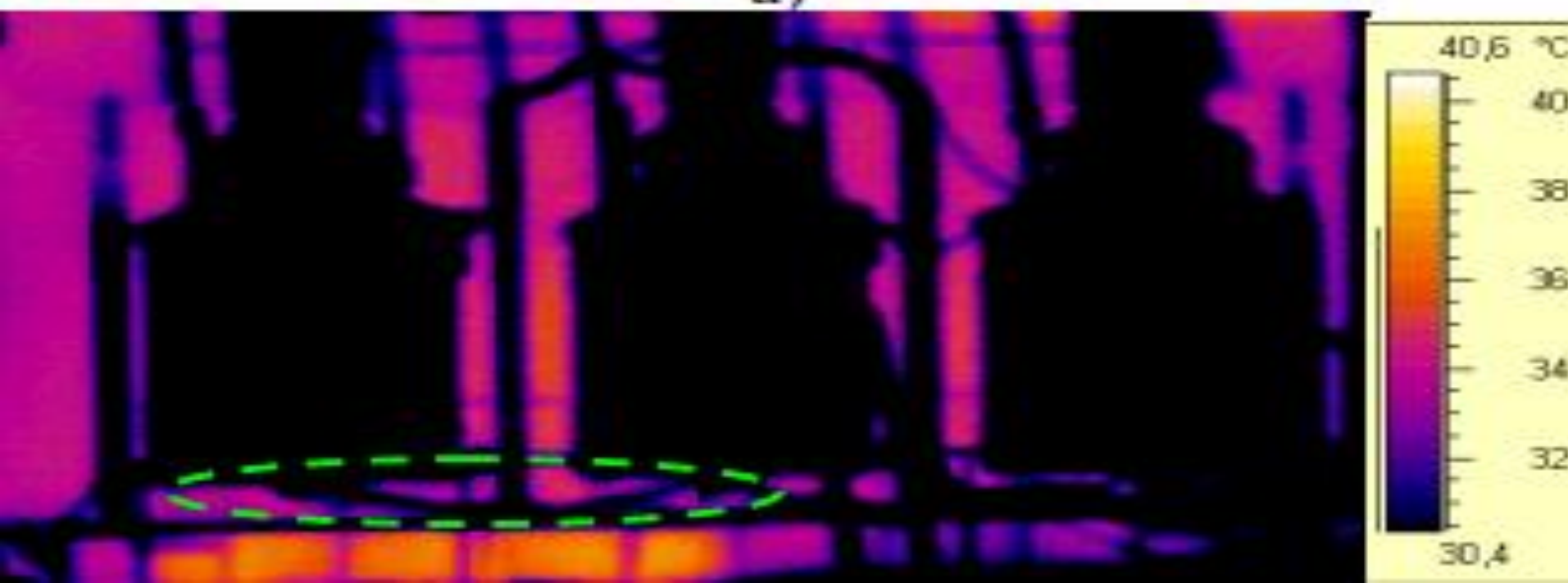
**Термограммы поверхности бака ТМ
со стороны вводов СН в режиме
нагрузки (а) и в режиме ХХ (б).**

Режимы нагрузки и ХХ.

**Обнаружены области повышенного
нагрева между фазами В и С со
стороны вводов ВН и СН (выделены
пунктиром).**



a)



Окружающая среда

- температура воздуха;
- влажность воздуха.

Электрические показатели

- напряжение;
- ток;
- мощность;
- $\cos \phi$;
- нагрузочная способность;
- временные превышения напряжения;
- время работы

Активная часть

- температура обмотки;
- расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки;
- потери ХХ и КЗ;
- оценка деформации обмотки;
- частичные разряды.

Характеристики основной изоляции вводов

- значение $tg\delta$;
- значение емкости C ;
- частичные разряды;
- небаланс токов проводимости;
- переходные процессы.



Трансформаторное масло

- влагосодержание масла;
- анализ растворенных газов;
- динамика газов;
- температура верхних слоев;
- температура нижних слоев.
- уровень масла;

Ресурс РПН

- текущее положение;
- уровень масла в расширительном баке;
- температура масла РПН;
- количество переключений;
- ток двигателя привода;
- длительность переключения.

Система охлаждения

- температура масла на входе охладителя;
- температура масла на выходе охладителя;
- поток масла в охладителях;
- контроль количества включенных охладителей и насосов;
- подсчет моточасов работы охладителей и насосов;



Выводы.

Информация о контроле оборудования ТМ по техническому состоянию позволяет:

- 1. Планировать инвестиции в ТМ СЭС.**
- 2. Выявлять оборудование ТМ, требующее внеплановых (срочных) работ.**
- 3. Определять очередность технического перевооружения (модернизации) оборудования ТМ и всей СЭС.**



Заключение. Система контроля по техническому состоянию **ТМ** в составе автоматизированного комплекса диагностики и мониторинга **СЭС** позволяет:

1. Продлить срок службы **ТМ**.
2. Сократить затраты **на ТО и Р СЭС**.
3. Применять данные для непрерывного контроля критических режимов **ТМ СЭС**.
4. Эффективно использовать ресурсы **СЭС и электрической сети**.

