



Ставропольский государственный  
аграрный университет



**КАФЕДРА  
«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ  
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»  
«Основы эксплуатации  
электрооборудования СЭС»**

**ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ПРИВАЛОВ  
ЕВГЕНИЙ ЕВГРАФОВИЧ**



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## Раздел 1.

# Техническое обслуживание оборудования систем электрообеспечения (ТО СЭС)

## ЛЕКЦИЯ № 1

# Техническое обслуживание силовых трансформаторов СЭС



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## Учебные цели

Знать системы и требования к  
техническому обслуживанию  
(ТО) силовых трансформаторов  
масляных (ТМ) подстанций  
(ПС) систем электроснабжения.



## Учебные вопросы

1. Требования к **ТО и Р** масляных трансформаторов (**ТМ**).
2. Планово-предупредительная система **ТО и Р ТМ**.
3. Система мониторинга **ТО и Р** по техническому состоянию **ТМ**.



## **Учебная литература.**

- 1. Правила устройства электроустановок. М: НОРМАТИКА, 2020. – 464с.**
- 2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М: НОРМАТИКА, 2020. – 188с.**



Ставропольский государственный  
аграрный университет



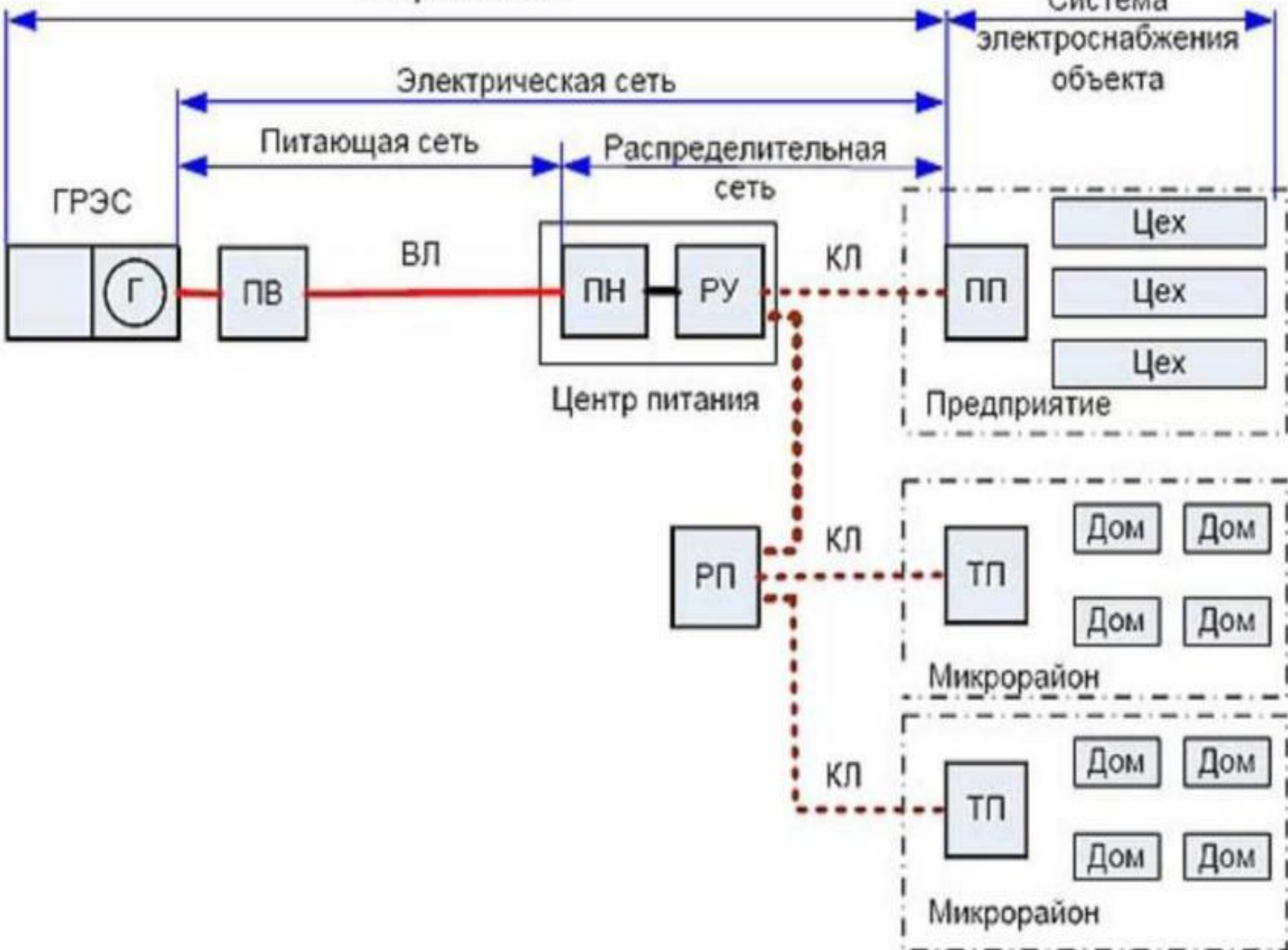
## **Введение.**

**Плановое техническое обслуживание  
ТМ СЭС проводят в соответствии с  
требованиями действующих  
нормативно-технических документов  
(НТД).**

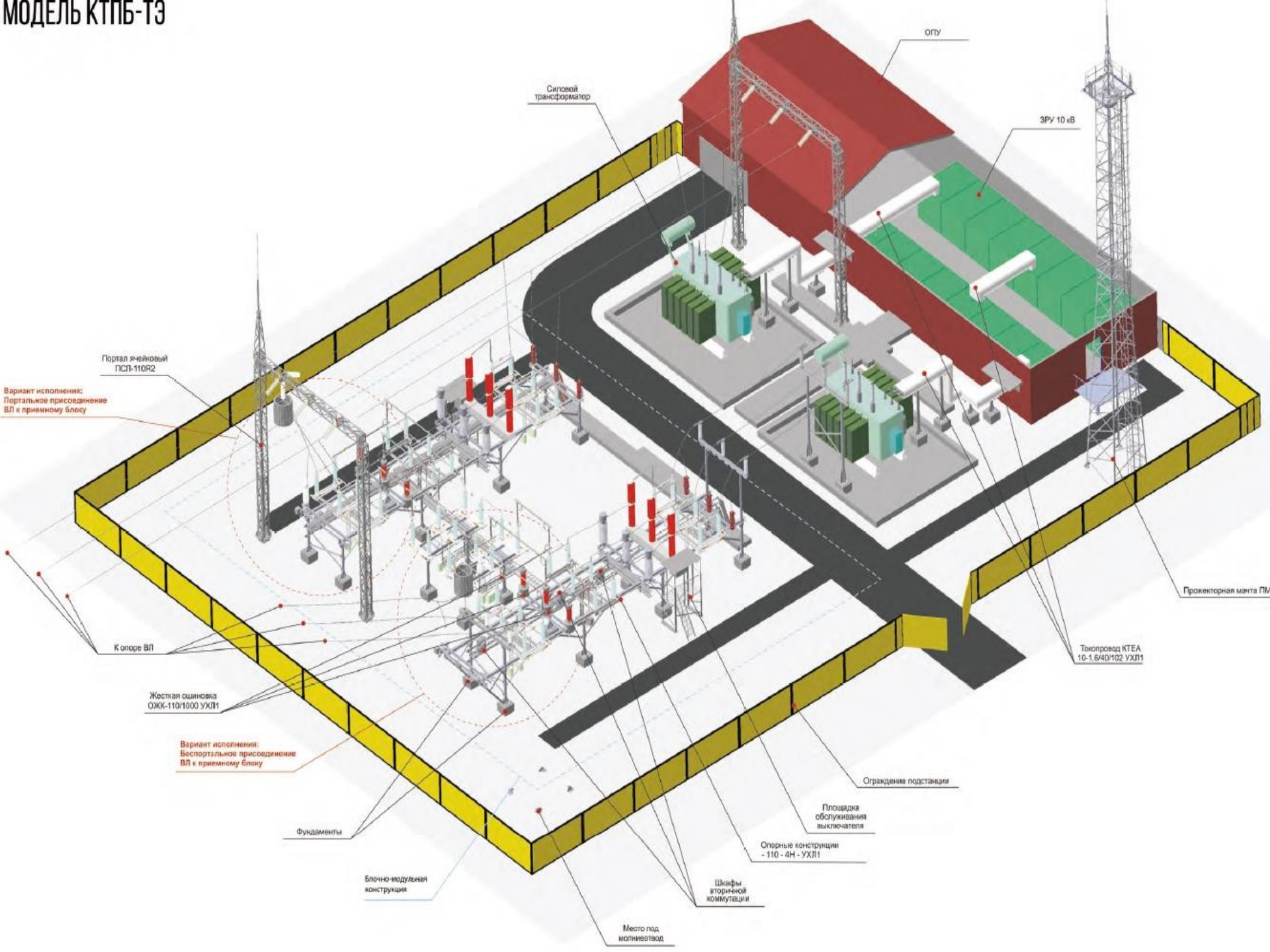
**Источники 1 и 2.**

# Энергосистема

# Система электроснабжения объекта



# МОДЕЛЬ КТПБ-ТЭ



# Виды силовых трансформаторов



*силовой сухой 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 0,4  
кВ трехфазный*



*силовой масляный 35  
кВ трехфазный*



# 1. Требования к ТО и Р масляных трансформаторов (ТМ).

**Выполнить мероприятия:**

1. Организационные по нормативно-техническим документам (**НТД**).
  2. Техническое обслуживание (**ТО**) – **технические осмотры** без отключения ТМ.
- Виды ТО** – периодические, внеочередные осмотры и контроль режимов работы.



## Осмотры по НТД.

1. **Понизительные подстанции (ПП) с постоянным дежурным персоналом - 1 раз в сутки.**
2. **Остальные ПП с дежурством и без дежурного персонала - 1 раз в месяц.**
3. **На трансформаторных пунктах (ТП) - 1 раз в месяц.**

# Система технического обслуживания

Цель функционирования системы

Обеспечение заданного уровня показателей надёжности

Обеспечение заданного уровня удельной эффективности

Критерии эффективности системы ТО

$K_{ГО}$

$K_{Г}$

$P_{БР}(\tau)$

$\tau_{наз}$

$$I = \frac{1}{MX} \sum_{i=1}^n C_i M X_i$$

Модели технического обслуживания

ТО при полностью известных показателях надёжности

ТО при ограничении в информации о надёжности

ТО при отсутствии информации о надёжности

ТО по фактическому состоянию

ТО по наработке или по календарным срокам



# **Осмотр по НТД. Проверяют.**

- 1. Посторонние шумов, повышенные вибрации (повреждение **составных частей**, приборов и аппаратуры);**
- 2. Соответствие показаний счетчиков количества переключений приводов устройств РПН количеству осуществленных переключений.**

## **Осмотр составных частей ТМ**

**выполняют по инструкциям эксплуатации частей.**



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## **2. Планово-предупредительная система ТО и Р ТМ.**

**Для поддержания ТМ в работоспособном состоянии осуществляют ТО.**

**Включает два вида работ.**

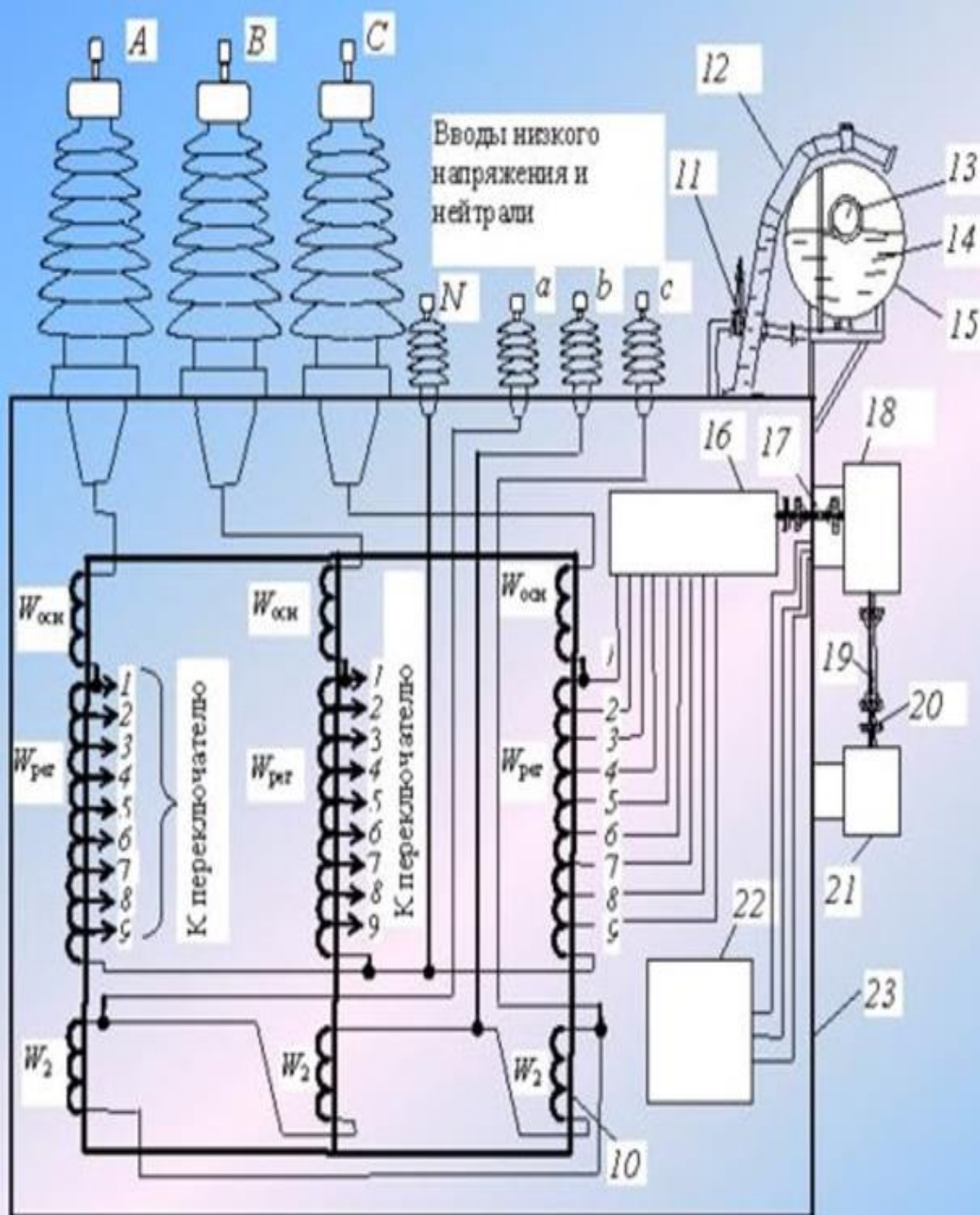
- 1. Технический осмотр.**
- 2. Профилактический контроль.**



# Ставропольский государственный аграрный университет







- 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;  $W_{оск}$  – соответственно основная и регулировочная обмотка ВН,  $W_{рег}$  – соответственно основная и регулировочная обмотка ВН,  $W_2$  – обмотка НН

# **1. Технический осмотр:**

**отсутствие повреждений и коррозии;**  
**состояние изоляторов вводов;**  
**отсутствие посторонних предметов;**  
**исправность защитных устройств;**  
**состояние соединений и заземлений;**  
**уровень масла в элементах ТМ;**  
**состояние индикаторного силикагеля;**  
**состояние приводов устройств РПН;**  
**состояние системы охлаждения и ее работоспособность.**



- На шум, на уровень масла, на нагрев, на состояние контактов, на отсутствие повреждений.

## 2. Профилактический контроль:

- проверка трансформаторного масла;
- профилактические испытания **ТМ**;
- выполнение регламентных работ;
- хроматографический анализ газов, растворенных в масле (**ХАРГ**);
- отбор проб масла;
- оценка результатов **ХАРГ**.





## 3. Система мониторинга ТО и Р по техническому состоянию ТМ.

Система мониторинга  
предназначена для оценки  
технического состояния  
силовых трансформаторов,  
диагностического контроля,  
поиска дефектов,  
онлайн-контроля критических  
режимов трансформатора.



### 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

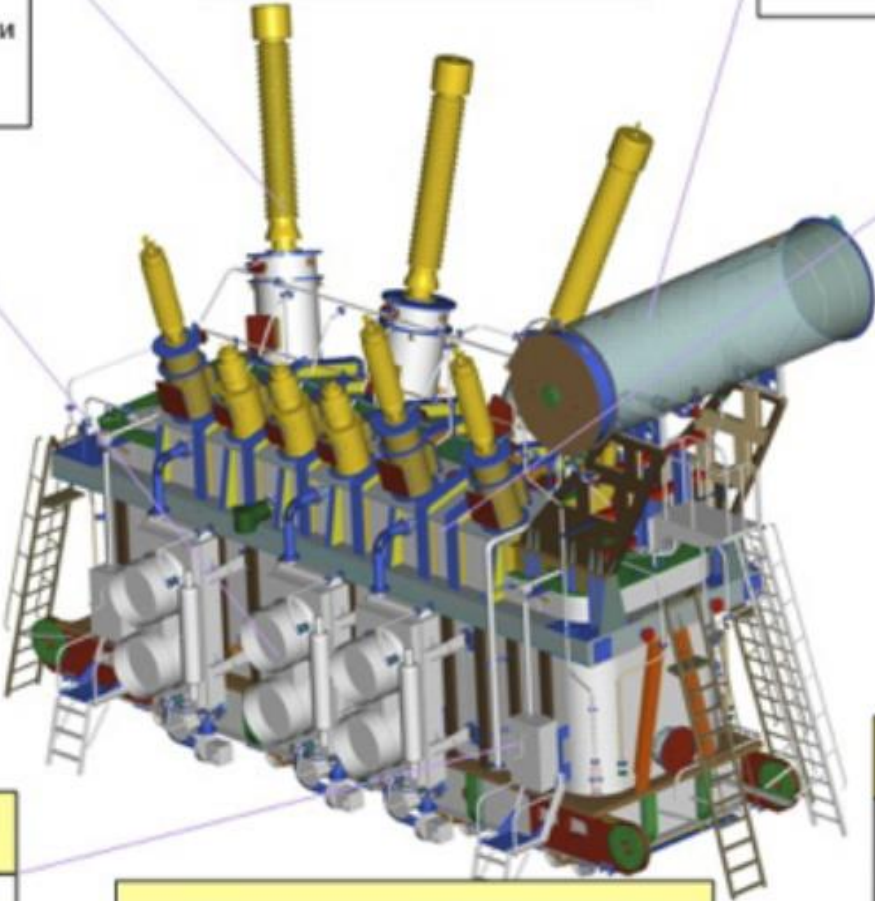
- газосодержание
- влагосодержание
- температура верхних слоев
- температура нижних слоев

### 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

# Анализ состояния трансформатора



Определение изменения состояния изоляции высоковольтных вводов;

Вычисление состояния сердечника магнитопровода;

Вычисление состояния обмоток трансформатора;

Анализ влагосодержания и концентрации газов, растворенных в масле;

Прогнозирование остаточного ресурса трансформатора по методикам IEC 60354/IEEE и SIGRE;

Определение ресурса РПН;

Оценка эффективности и состояния системы охлаждения трансформатора.





## **Выводы. Решены задачи.**

- 1. Продления срока службы.**
- 2. Сокращения затрат на ТО и Р.**
- 3. Плавного перехода на ТО и Р по техническому состоянию.**
- 4. Применения данных непрерывного контроля критических режимов ТМ.**
- 5. Эффективного использования ресурсов ТМ.**



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## **Заключение.**

**Замена ПШР на систему ТО и Р по  
техническому состоянию позволяет:**

- 1. Продлить срок службы ТМ до 50 лет.**
- 2. Сократить затраты на ТО и Р ТМ.**
- 3. Эффективно использовать ресурсы ТМ и СЭС в целом.**

