



# Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

---

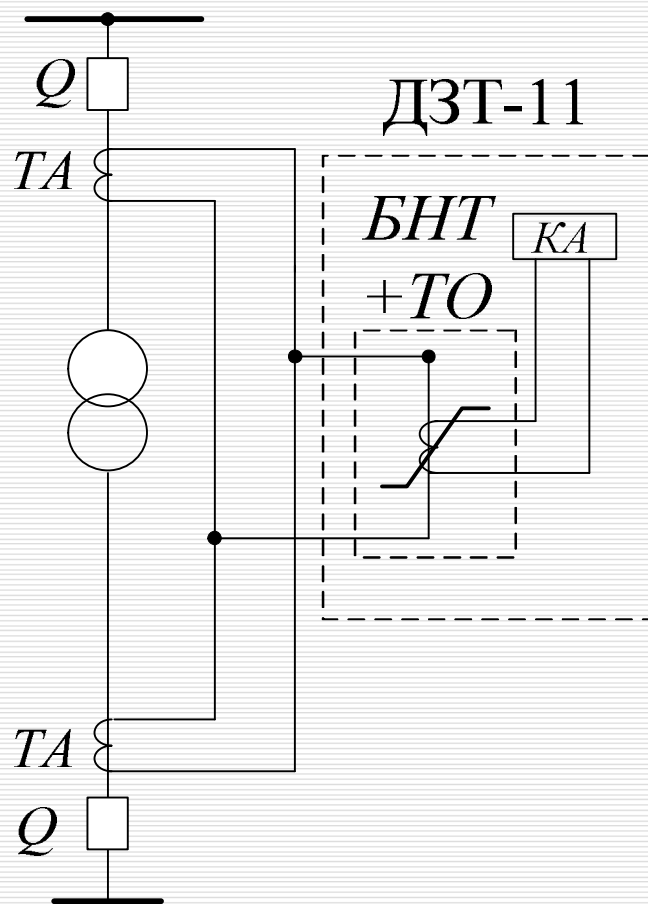
Лекция № 12

## Защита силовых трансформаторов

(продолжение)

Составил: Понамарев Е.А.,  
ассистент каф. ЭСС ЭНИН

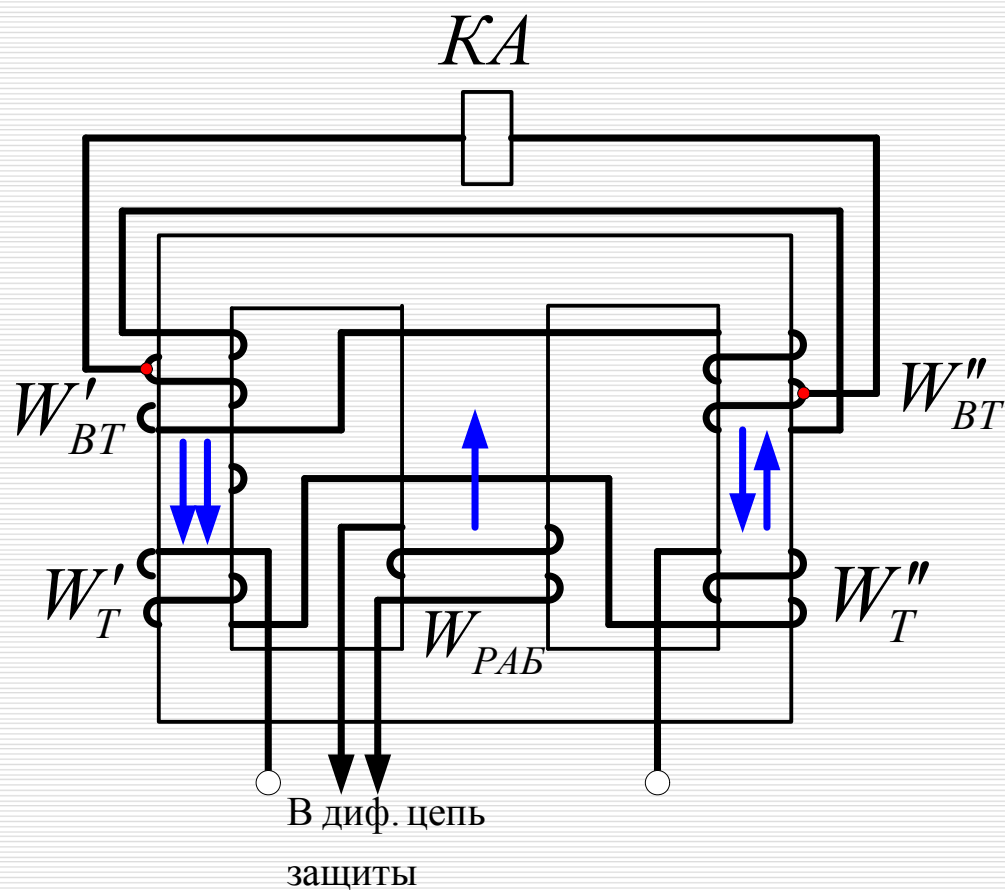
## Дифференциальная токовая защита с реле, имеющими торможение ДЗТ-11



В тормозных обмотках создается дополнительный поток, который насыщает сталь сердечника и загрубляет защиту.

$$I_{CЗ} = (1 \div 1,5) I_{T \text{ ном}}$$

# Принцип выполнения реле ДЗТ

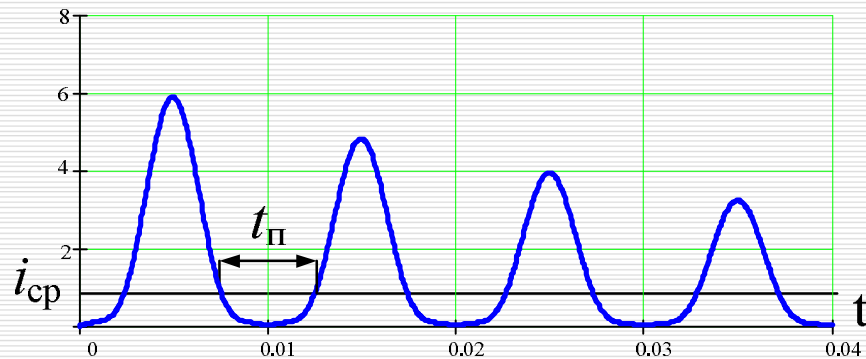


$$E_{CP} = 2W_{BT} fS \Delta B$$

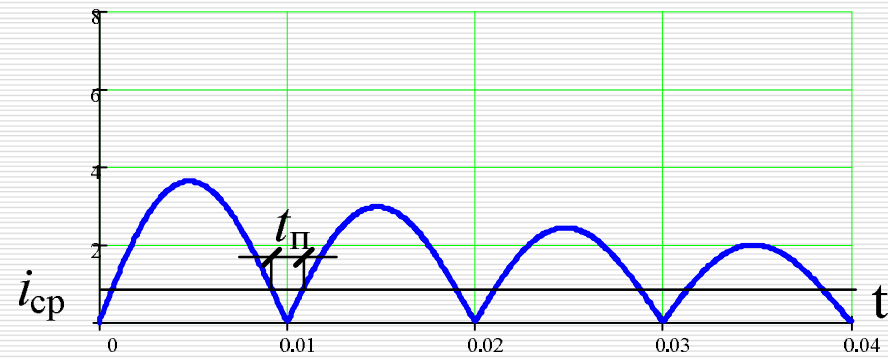
Составил: Понамарев Е.А.,  
ассистент каф. ЭСС ЭНИН

# Дифференциальная защита с реле ДЗТ-21

Торможение осуществляется за счет время-импульсного принципа – анализ длительности пауз  $t_{\Pi}$  в дифференциальном токе в сочетании с торможением от составляющей второй гармоники тока намагничивания.



Выпрямленный рабочий ток при броске тока намагничивания



Выпрямленный рабочий ток при внутреннем КЗ

# Цифровые дифф. защиты трансформаторов с торможением от сравниваемых токов

---

*Торможение* – загрузка уставки при увеличении сравниваемых токов.

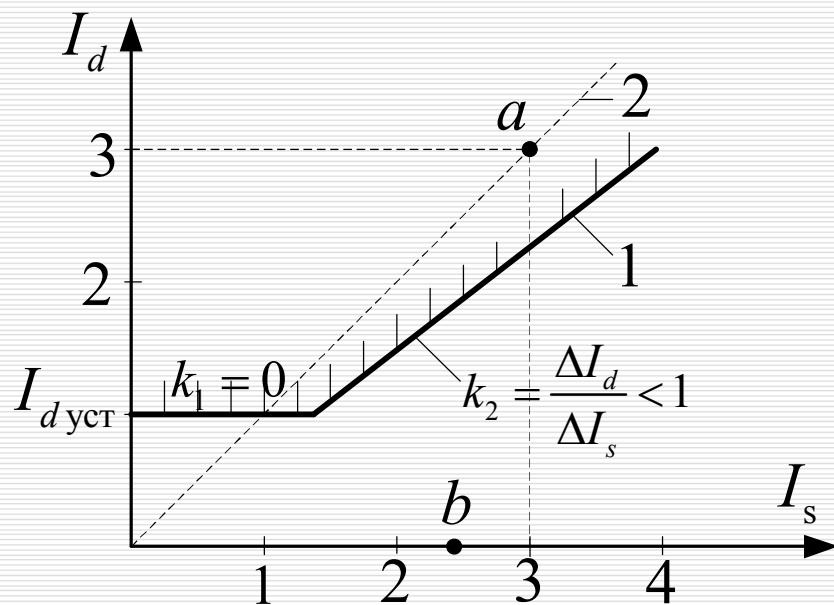
Из сравниваемых токов по концам объекта  $\underline{I}_1 \dots \underline{I}_n$  формируется дифференциальный ток

$$I_d = \left| \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \dots + \underline{I}_n \right|$$

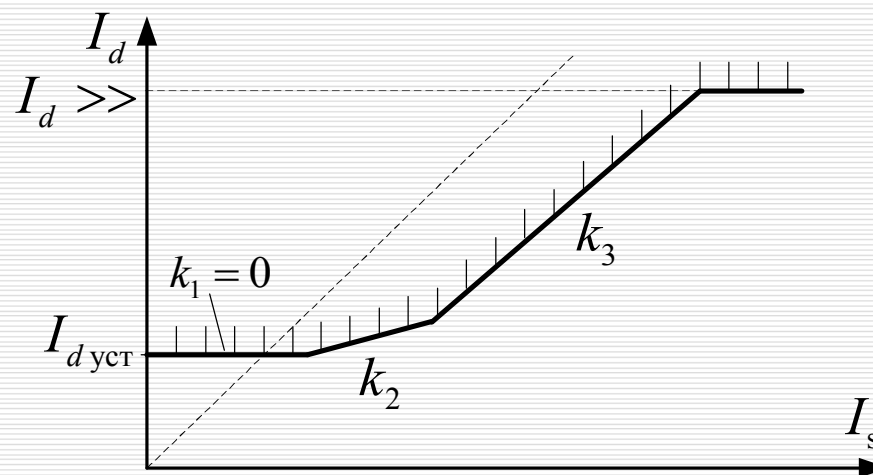
и тормозной ток

$$I_s = \left| \underline{I}_1 \right| + \left| \underline{I}_2 \right| + \dots + \left| \underline{I}_n \right|$$

# Тормозные характеристики срабатывания дифференциальной защиты



Тормозная характеристика срабатывания дифференциальной защиты



Комбинированная тормозная характеристика дифференциальной защиты

# Токовая ступенчатая защита трансформаторов и автотрансформаторов

---

*Первая ступень* – токовая отсечка без выдержки времени.

*Вторая ступень* – МТЗ с блокировкой по напряжению.

## *Максимальная токовая защита*

Дополняет токовую отсечку. Действует при КЗ на выводах и в соединениях с выключателем.

Защищает трансформатор от перегрузок при внешних КЗ.

Недостаток МТЗ: недостаточная чувствительность к витковым замыканиям, недостаточное быстродействие при многофазных повреждениях в обмотке.

# Расчет уставок МТЗ трансформатора

---

Ток срабатывания защиты

$$I_{C3} = \frac{k_H k_{C3}}{k_B} I_{p.\max}$$

Время срабатывания защиты

$$t_{C3} = t_{H\max} + \Delta t$$

Проверка чувствительности:

- в режиме ближнего резервирования

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_K^{(2)}}{I_{C3}}$$

- в режиме дальнего резервирования

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{KW}^{(2)}}{I_{C3}}$$



# Схемы МТЗ трансформаторов

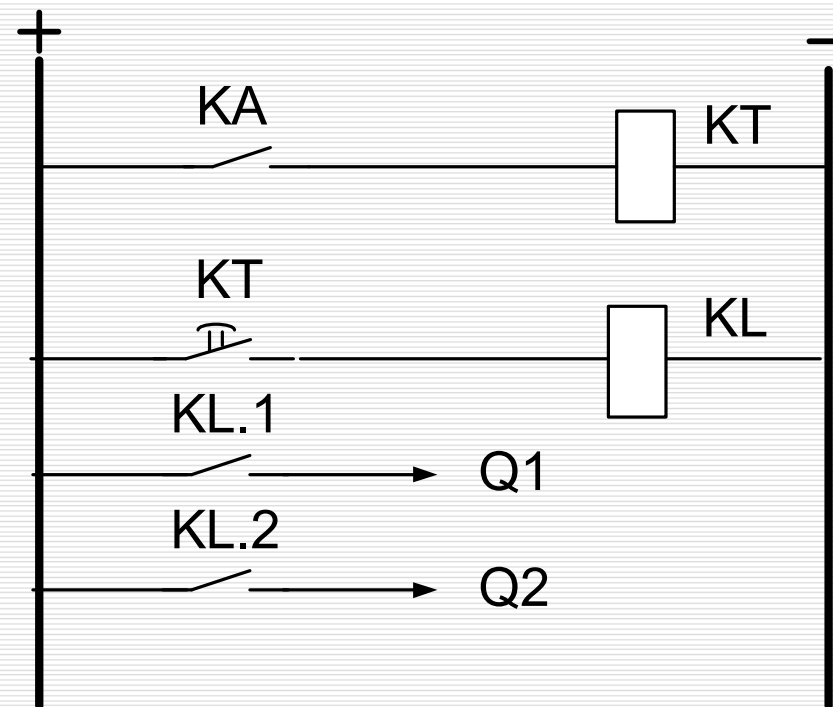
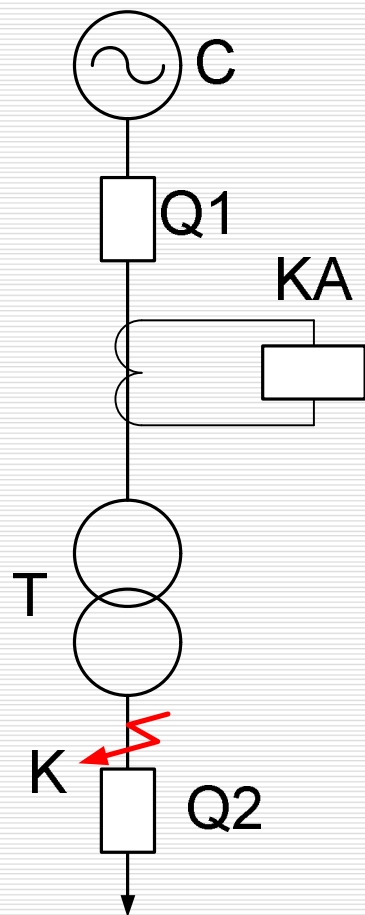


Схема оперативных цепей  
постоянного тока

## МТЗ трансформаторов с блокировкой по напряжению

---

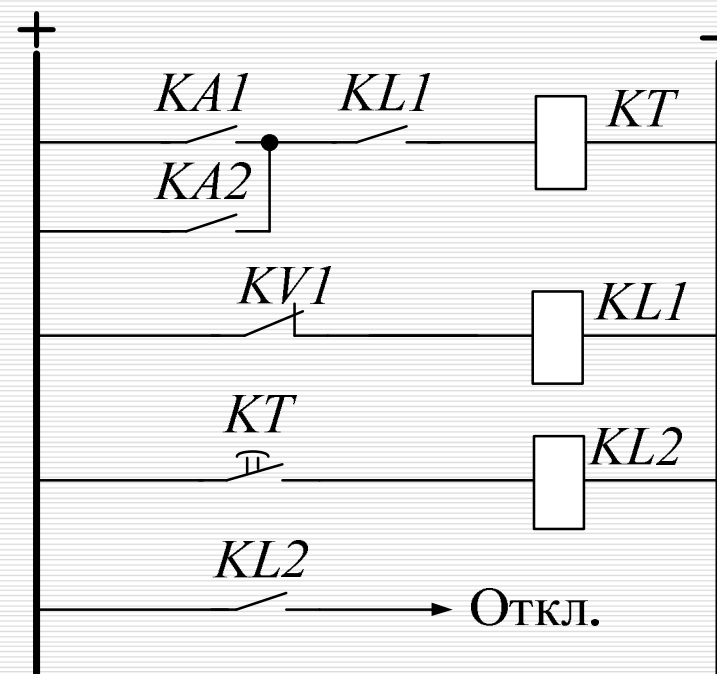
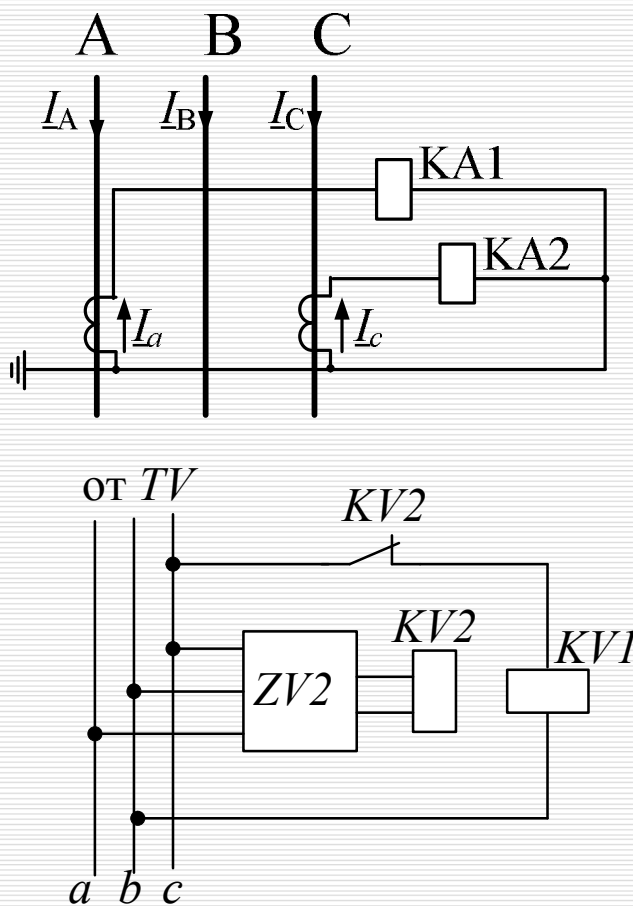
Блокировка предназначена для повышения чувствительности защиты при дальнем резервировании.

Напряжение срабатывания реле блокировки:

$$U_{C3KV1} = \frac{U_{\min}}{k_H k_B} \approx 0,85U_{\text{ном}}$$

$$U_{C3KV2} = 0,06U_{\text{ном}}$$

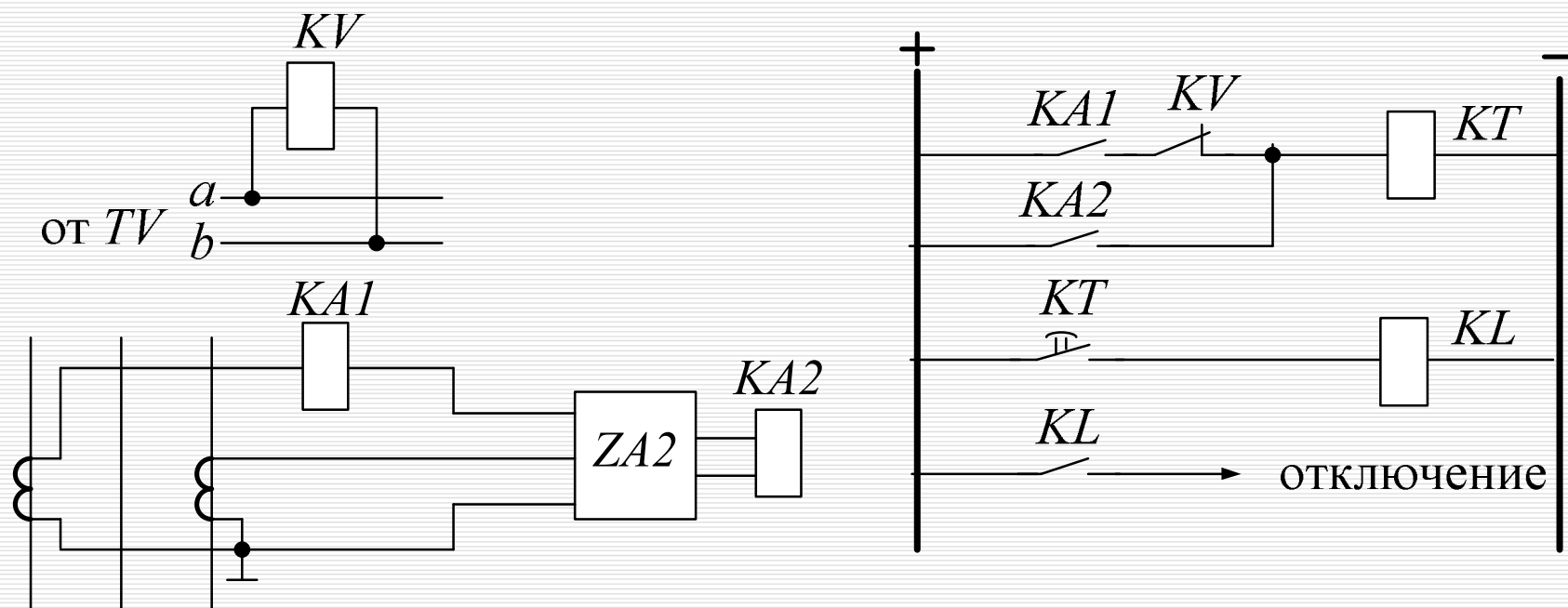
# Принципиальная схема МТЗ с блокировкой по напряжению



Составил: Понамарев Е.А.,  
ассистент каф. ЭСС ЭНИИ

# Токовая защита обратной последовательности трансформаторов

Устанавливается на повышающих трансформаторах и автотрансформаторах для обеспечения дальнего резервирования при несимметричных КЗ.



Составил: Понамарев Е.А.,  
ассистент каф. ЭСС ЭНИН

# Газовая защита трансформаторов

---

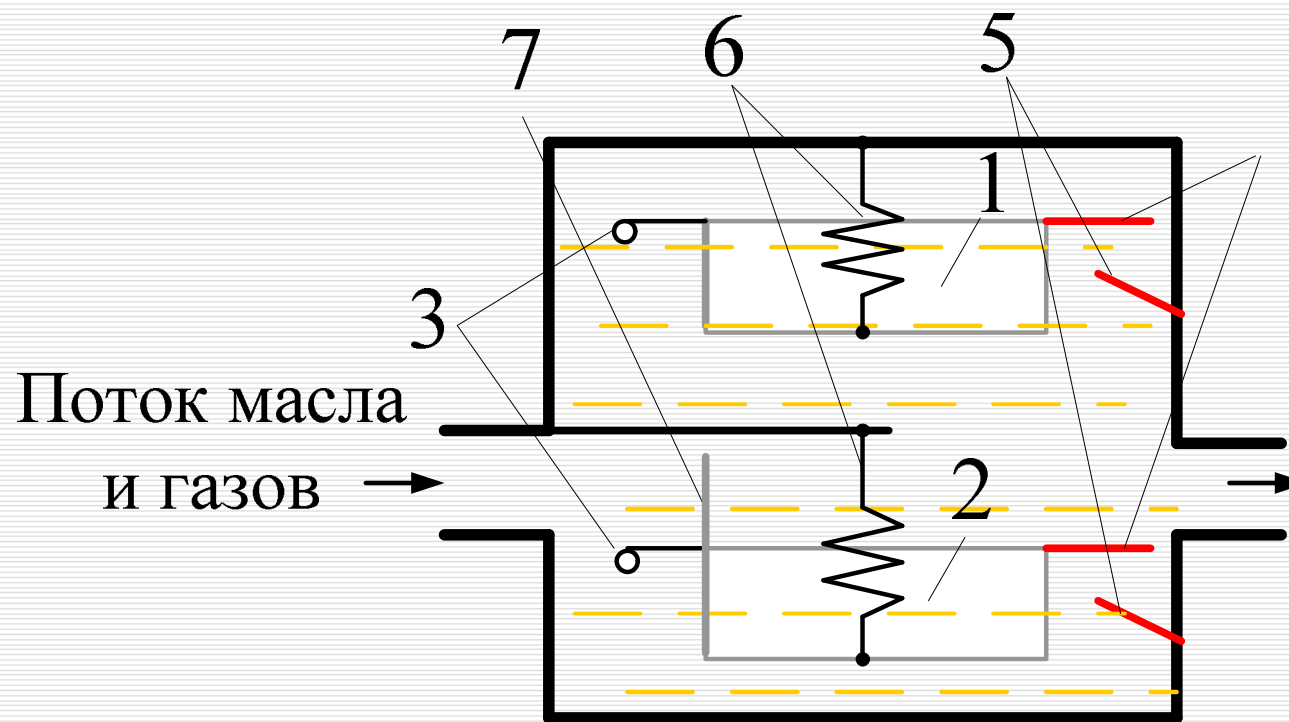
Принцип действия основан на использовании явления газообразования в баке трансформатора (разложение масла при выделении тепла сопровождается выделением газа). Устанавливается в маслопровод между баком и расширителем трансформатора.

Обязательна для Т с  $S \geq 6,3$  МВА с масляной системой охлаждения.

Реагирует на все виды повреждений внутри бака (пожар стали, витковые замыкания) и при недопустимом понижении уровня масла. В зависимости от степени повреждения действует на сигнал или на отключение.

Возможны ложные срабатывания при попадании воздуха в бак Т (а также при землетрясениях).

## Устройство газового реле РГЧЗ-66



## Устройство газового реле РГЧЗ-66

---

- 1, 2 – плоскодонные алюминиевые чашки,
- 3 – неподвижные оси,
- 4 – подвижные контакты,
- 5 – неподвижные контакты,
- 6 – пружины.

Масса чашки с маслом достаточна для преодоления силы пружины при отсутствии масла.

Опускание верхней чашки действует на сигнал, нижней – на отключение.

