



Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

Лекция № 11

Защита силовых трансформаторов

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

Внешний вид силового трансформатора



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

Повреждения и ненормальные режимы работы трансформатора

Повреждения:

- междуфазные КЗ;
- КЗ одной или двух фаз на землю;
- КЗ между витками одной фазы (межвитковое);
- замыкание между обмотками разных напряжений;
- КЗ на вводах, ошиновке и в кабелях (междуфазное и на землю);
- «пожар стали».

Ненормальные режимы:

- внешнее КЗ;
- перегрузка;
- понижение уровня масла в баке;
- недопустимые повышения напряжения.

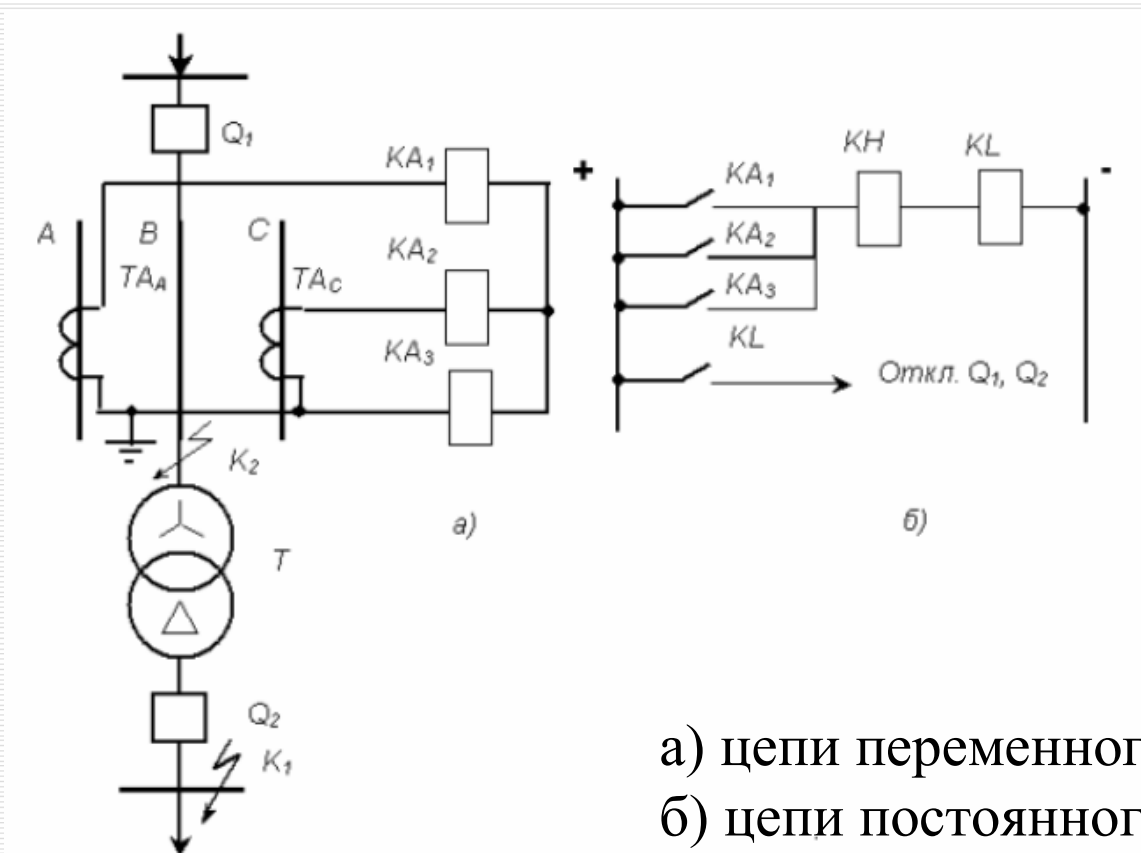
Статистика повреждаемости силовых трансформаторов

На 100 трансформаторов приходится 3-5 повреждений, из них:

- витковая изоляция – 60%.
- отводы – 8%.
- вводы – 7%.
- главная изоляция – 7%.
- магнитопровод – 2%
- прочее...



Схема токовой отсечки трансформатора



а) цепи переменного тока;

б) цепи постоянного оперативного тока

Основная защита трансформатора – дифференциальная токовая отсечка

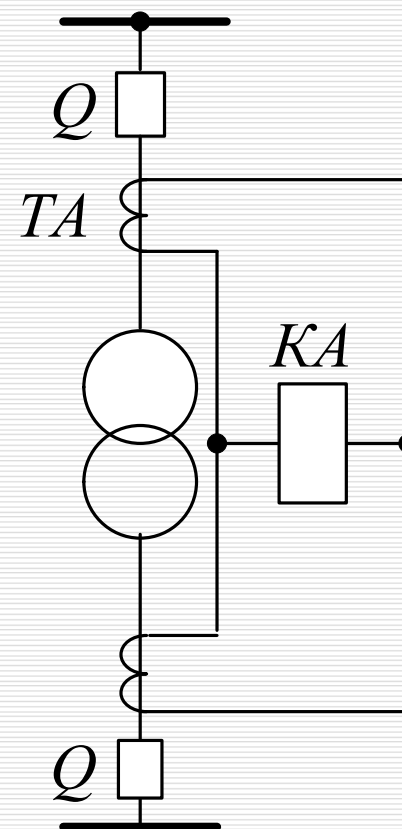
Выполняется посредством обычных токовых реле, включаемых непосредственно в дифференциальную цепь схемы без промежуточных устройств.

Собственное время срабатывания реле:

$$t_{CP} = (0,04 \div 0,06)с$$

Ток срабатывания защиты:

$$I_{CЗ} = (3 \div 4,5)I_{Tном}$$



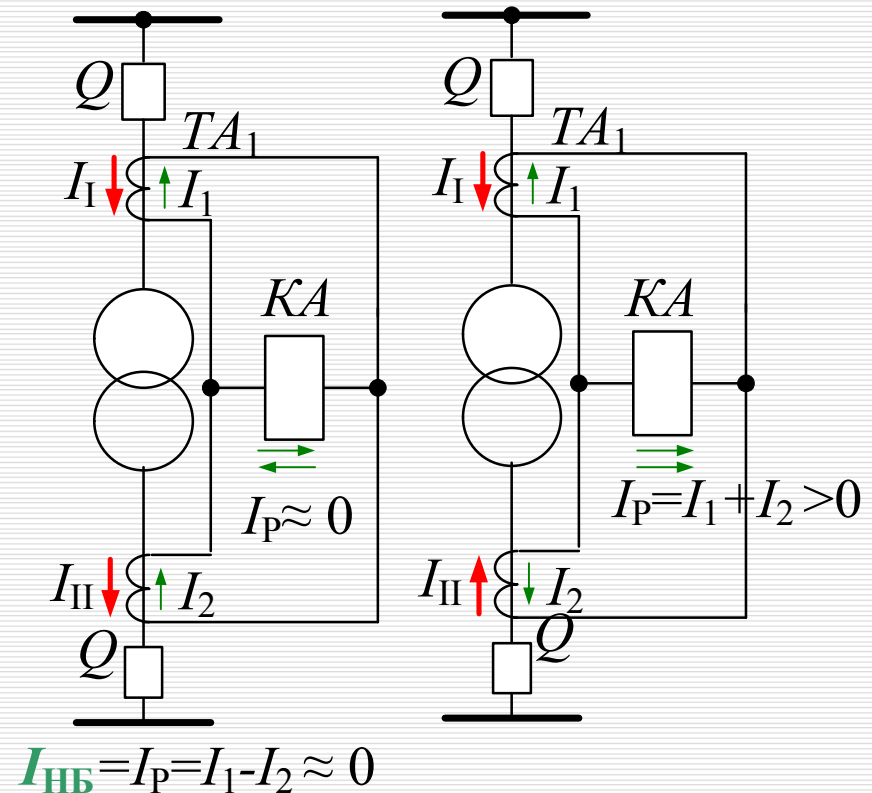
Основная защита трансформатора - продольная дифференциальная защита

Принцип действия –

измерение разности токов двух (трех) сторон объекта.

Область применения:

применяется в качестве основной защиты для Т мощностью 4 МВА и выше.



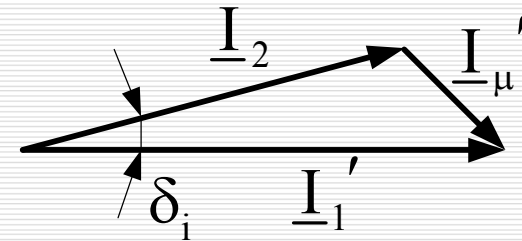
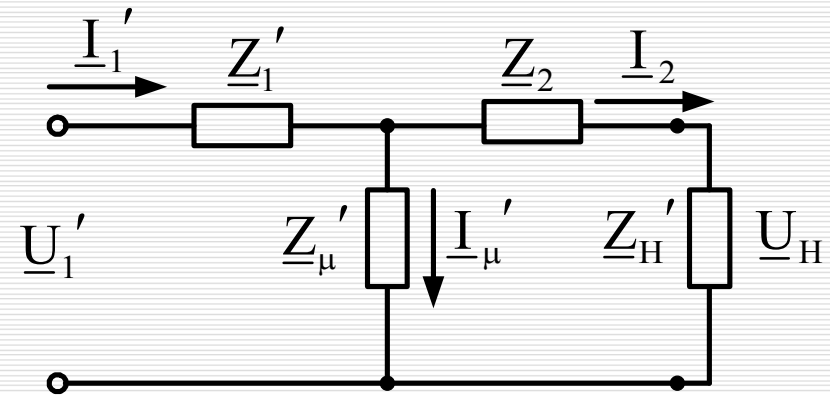
Особенности выполнения дифференциальных защит трансформаторов обусловлены:

1. Различием номинальных напряжений и токов сторон трансформатора;
2. Фазовым сдвигом между токами отдельных сторон трансформатора из-за различия схем соединения его обмоток;
3. Броском тока намагничивания при включении Т или при восстановлении напряжения после отключения близкого КЗ;
4. Небалансом в дифференциальной цепи при внешних однофазных КЗ.

Факторы, увеличивающие ток небаланса в нагрузочном режиме и при внешних КЗ

- Насыщение трансформаторов тока, что приводит к излишнему срабатыванию защиты.

- Погрешности ТА (конструктивные отличия ТА на сторонах ВН,СН, НН, различие характеристик намагничивания ТА на разных фазах и др.).



$$\underline{Z}_1' = \underline{Z}_1 w_2^2 / w_1^2 \quad \underline{I}_1' = \underline{I}_1 w_1 / w_2$$

Схемы и область использования дифференциальных токовых защит трансформаторов

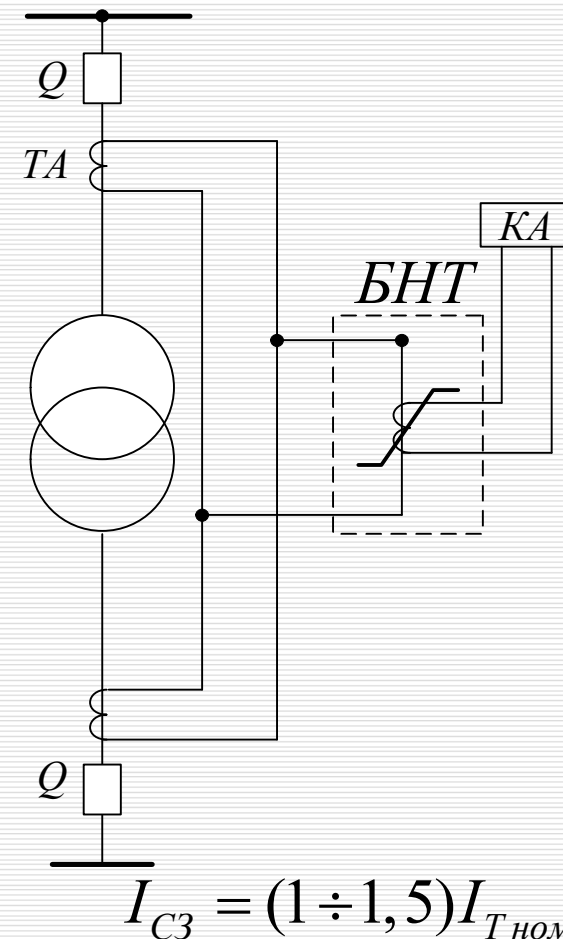
Дифференциальные токовые защиты трансформаторов выполняются с использованием:

1. Дифференциальной токовой отсечки, РТ-40 (*устаревшее*),
2. Дифференциальная токовая защита с промежуточными быстронасыщающимися трансформаторами тока, реле РНТ-565 (*устаревшее*),
3. Защита с реле, имеющими торможение, ДЗТ-11(*устаревшее*),
4. Защита с реле ДЗТ-21,
5. Защита с полупроводниковыми реле (например РСТ-15, РЕТ-316),
6. Микропроцессорные защиты (шкафы защит ШЭ1110, ШЭ1112).

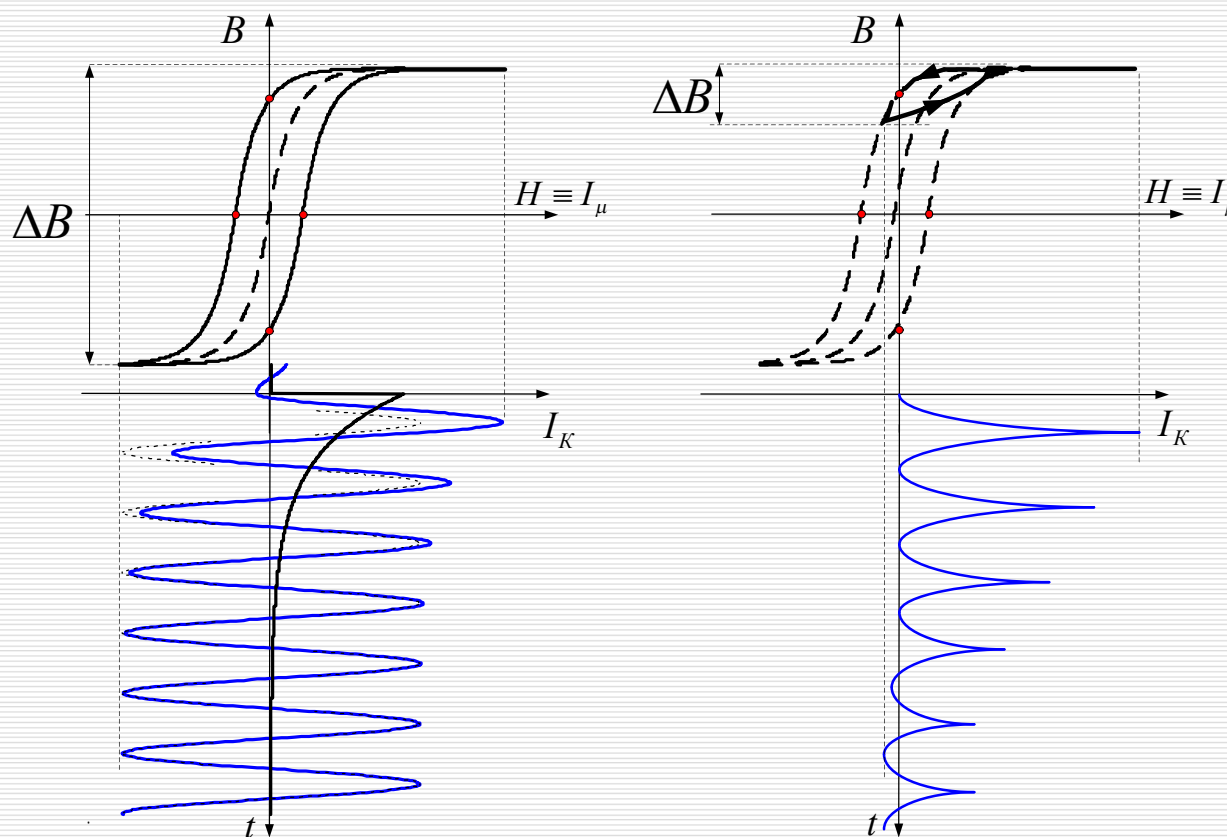
Дифференциальная токовая защита с промежуточными быстронасыщающимися трансформаторами тока, реле РНТ-565

Принцип торможения реле РНТ-565:

1. В токе появляется апериодическая составляющая;
2. Магнитопровод БНТ сильно насыщается. Сопротивление ветви намагничивания резко падает. Весь первичный ток замыкается через эту ветвь. Чувствительность защиты уменьшается.
3. Нормальная работа БНТ восстанавливается, как только исчезает апериодическая составляющая.
4. При синусоидальном токе БНТ не оказывает влияния на работу реле.



Принцип действия быстро насыщающихся трансформаторов тока (процессы перемагничивания)

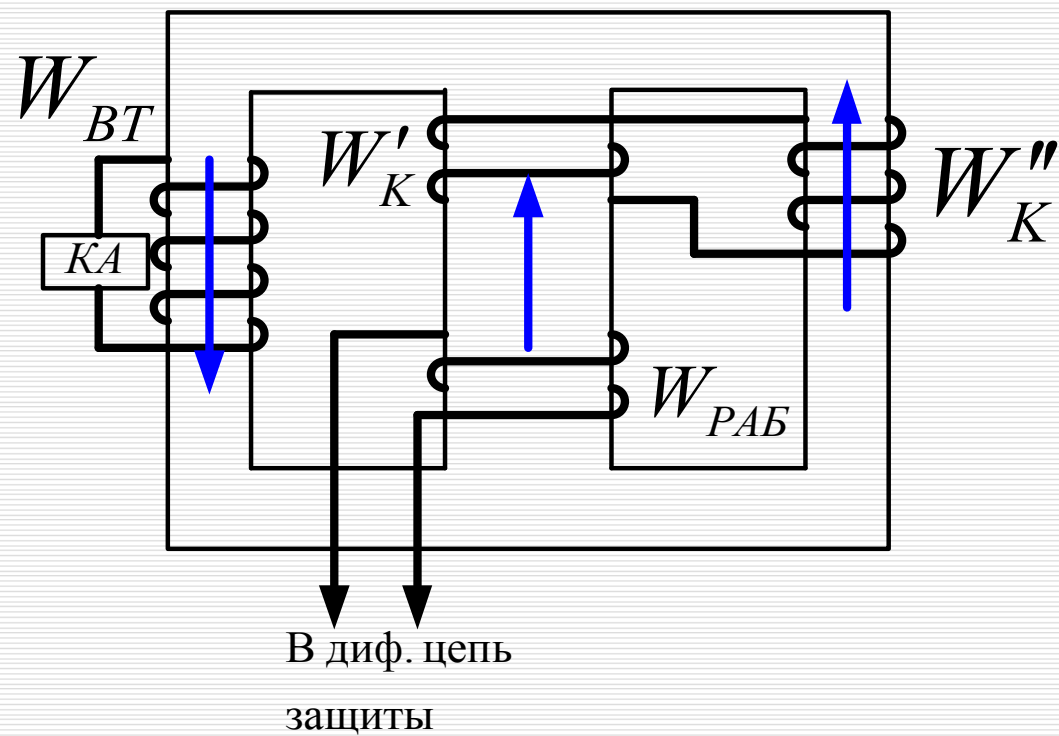


При КЗ в защищаемой зоне

При включении под напряжение

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

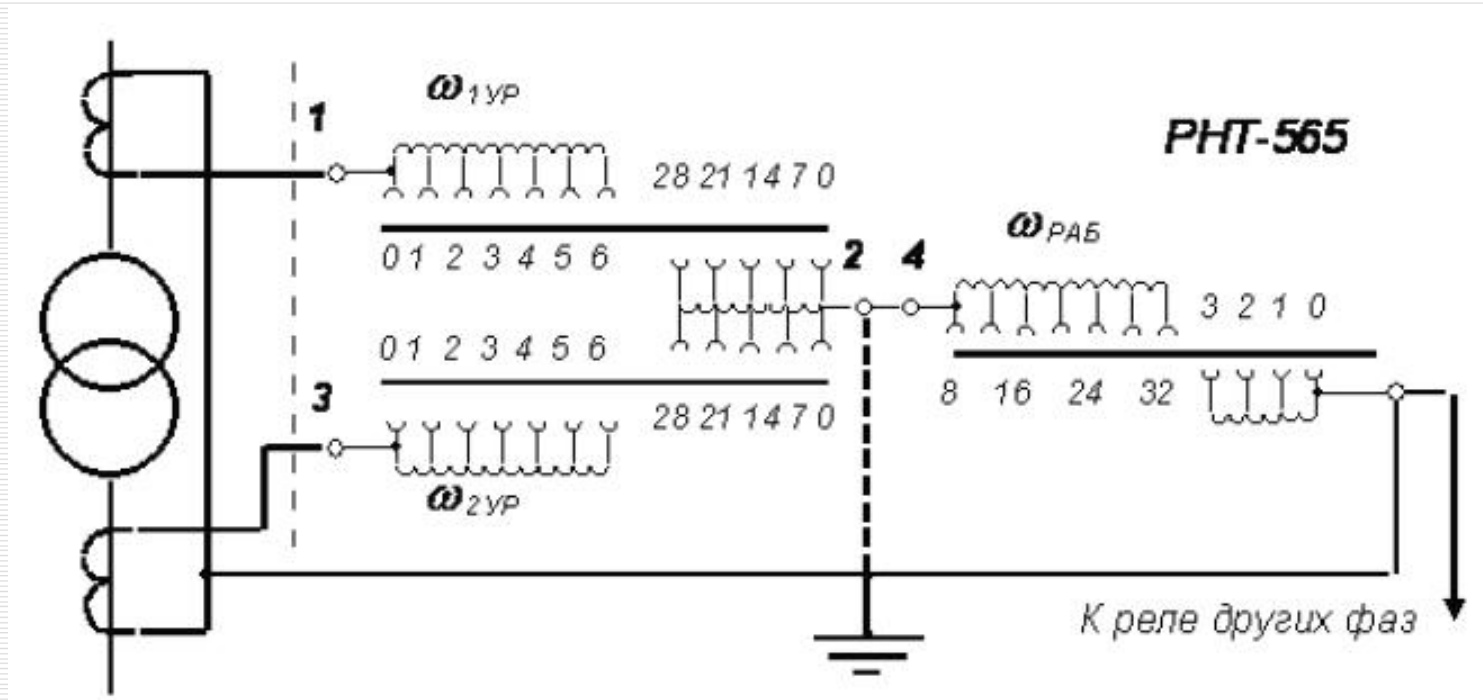
Принцип выполнения реле РНТ



$$E_{CP} = W_{BT} f S \Delta B$$

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

Принципиальная схема токовых цепей дифференциальной защиты трансформатора с реле РНТ-565



$W_{1ур}$, $W_{2ур}$ – уравнивательные обмотки реле;
 $W_{раб}$. – рабочая обмотка реле.