



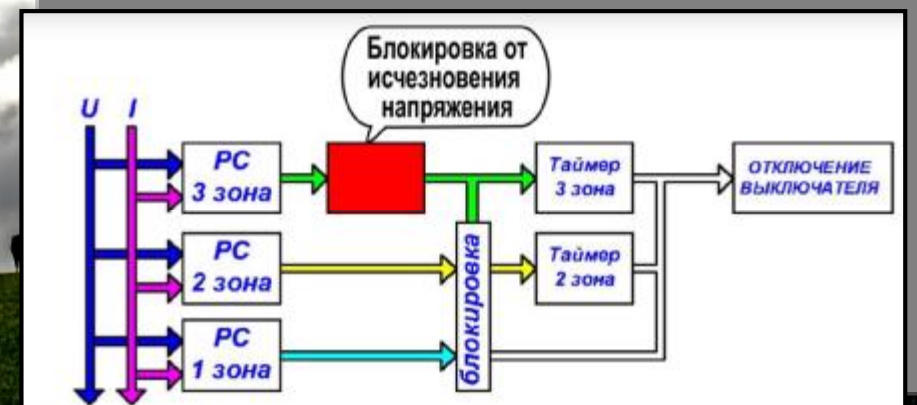
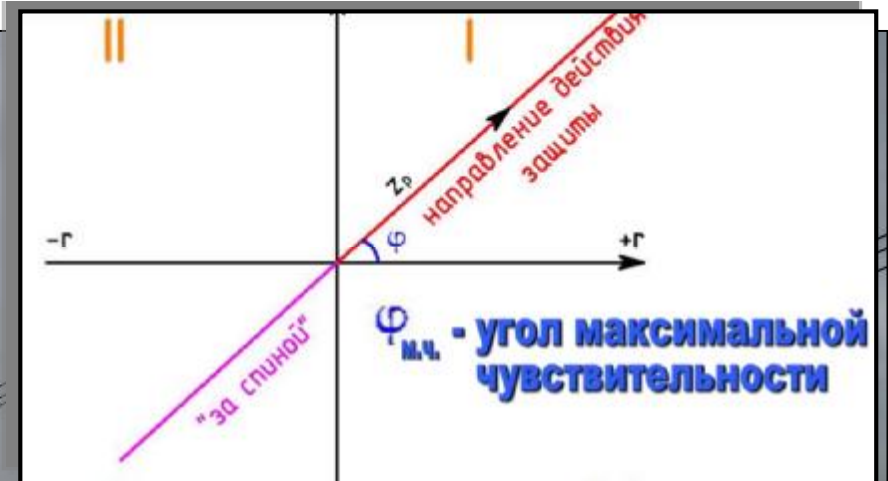
Институт энергетики,
информационных технологий
и управляющих систем

Релейная защита и автоматика систем электрообеспечения

Лекция №____

Дистанционные защиты линий

Составил: Кузнецов Д. Б.



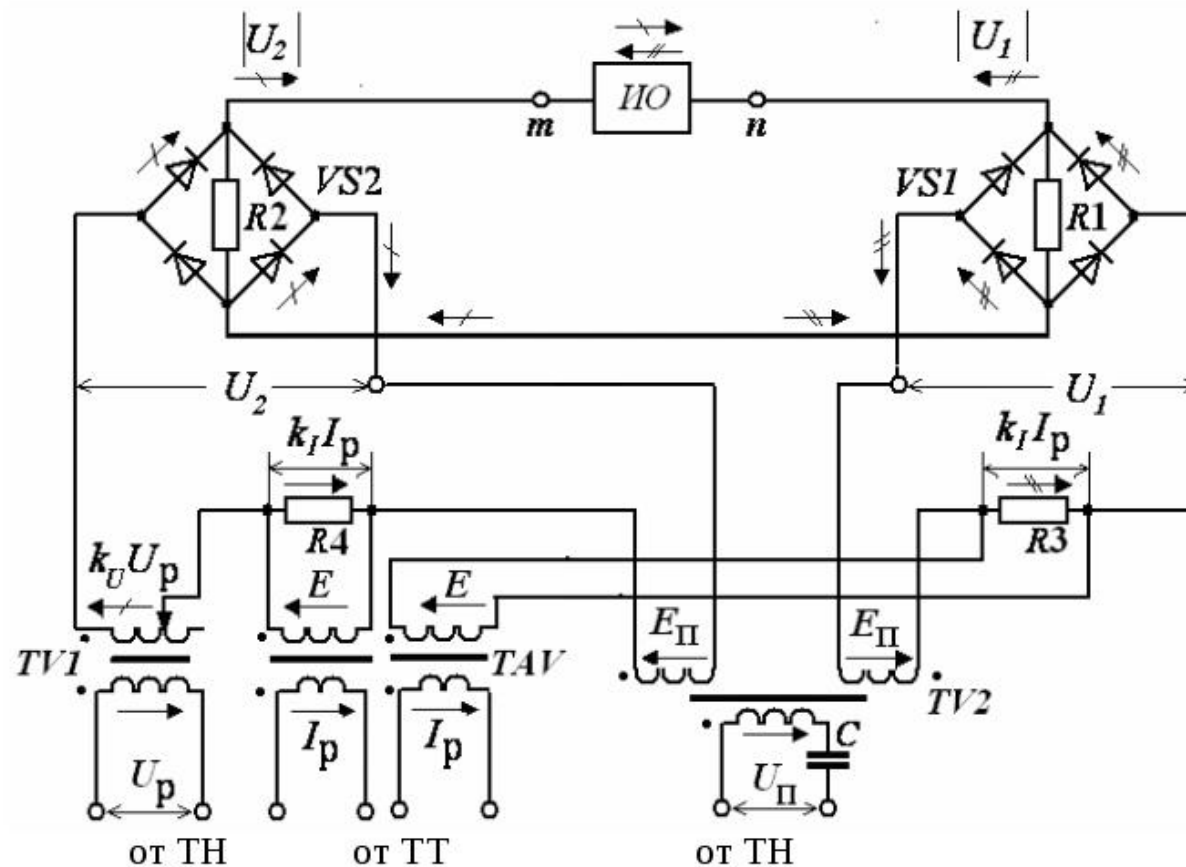
Область применения

В сетях сложной конфигурации с несколькими источниками питания МТЗН не обеспечивает селективности действия. В этом случае применяют *дистанционную защиту*.

Дистанционной называют защиту, выдержка времени которой автоматически изменяется в зависимости от удаленности места КЗ от места установки защиты.

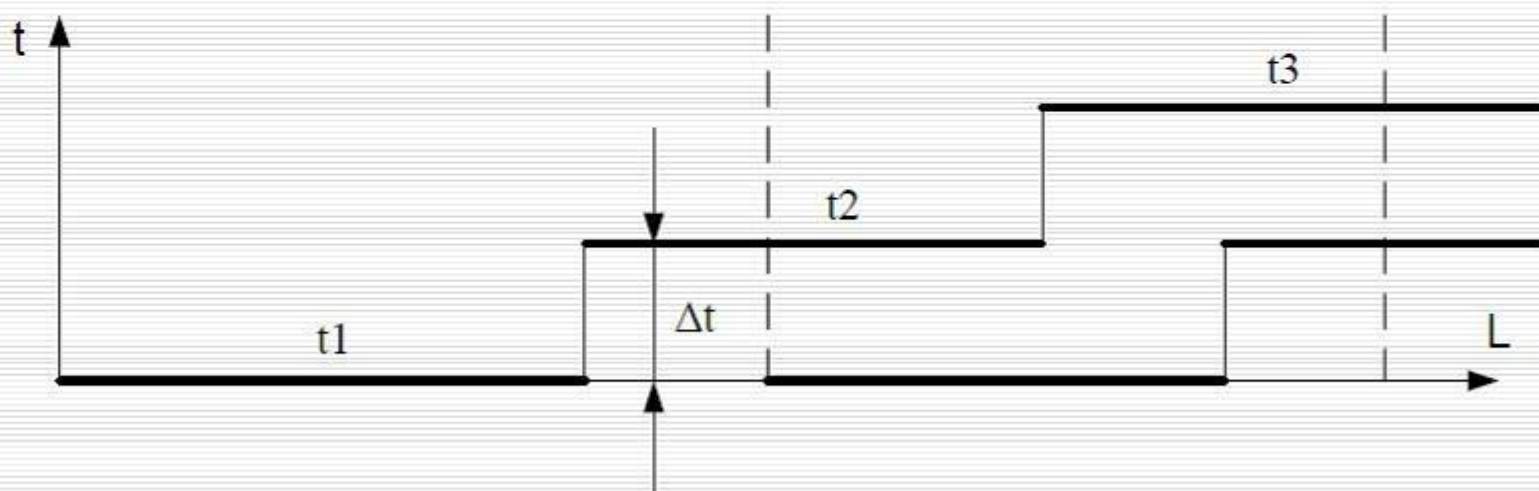
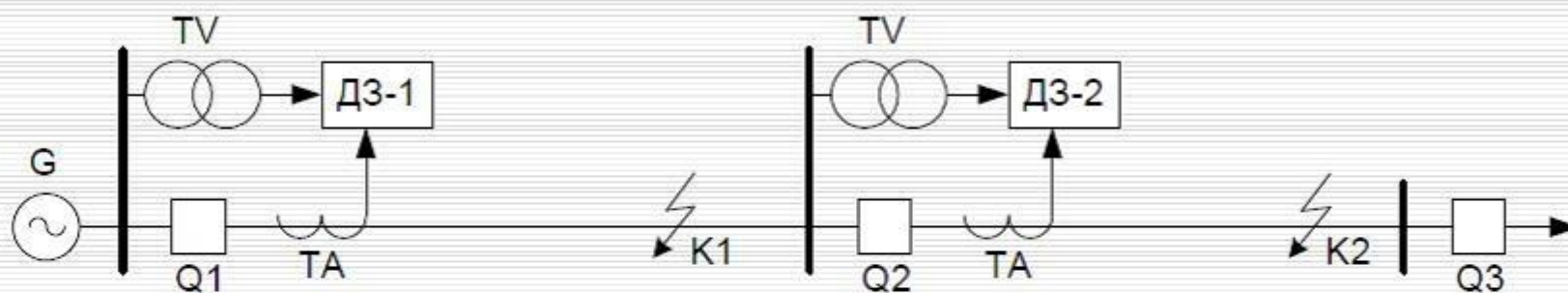
Основным элементом дистанционной защиты является дистанционный орган, определяющий удаленность КЗ от места установки защиты. В качестве такого органа используется реле сопротивления.

Упрощенная схема направленного реле сопротивления типа КРС-2



Выполнение заданной уставки $Z_{уст}$ осуществляется изменением числа витков первичных обмоток TAV и числа витков вторичной обмотки $TV1$.

Пояснение к принципу действия дистанционной защиты



$$Z_{\text{НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}}};$$

$$Z_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{КЗ}}}{I_{\text{КЗ}}};$$

$$Z_{\text{КЗ}} \leq Z_{\text{НОМ}}$$

Принцип выполнения дистанционной защиты

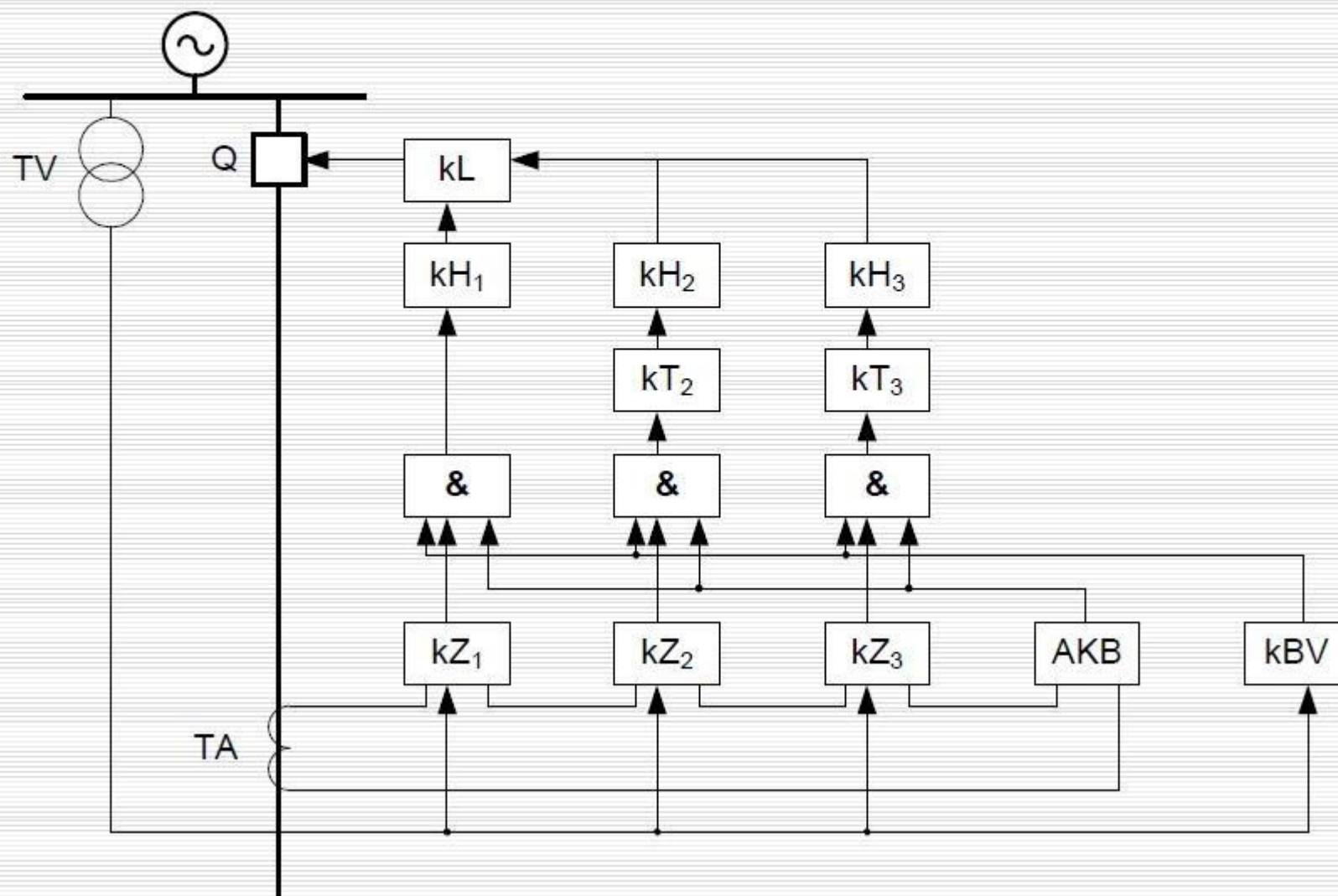
Обычно дистанционная защита выполняется в виде
трех ступеней:

1-ступень охватывает около 85 % линии;

2-ступень выбирается из условия надежного охвата
защищаемой линии;

3-ступень выполняет задачи ближнего и дальнего
резервирования.

Структурная схема дистанционной защиты



Основные элементы дистанционной защиты:

kZ1, kZ2, kZ3 – реле сопротивления, соответственно 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней защиты соответственно;

AKB – блокировка от качаний;

kBV – блокировка от обрыва цепей напряжения;

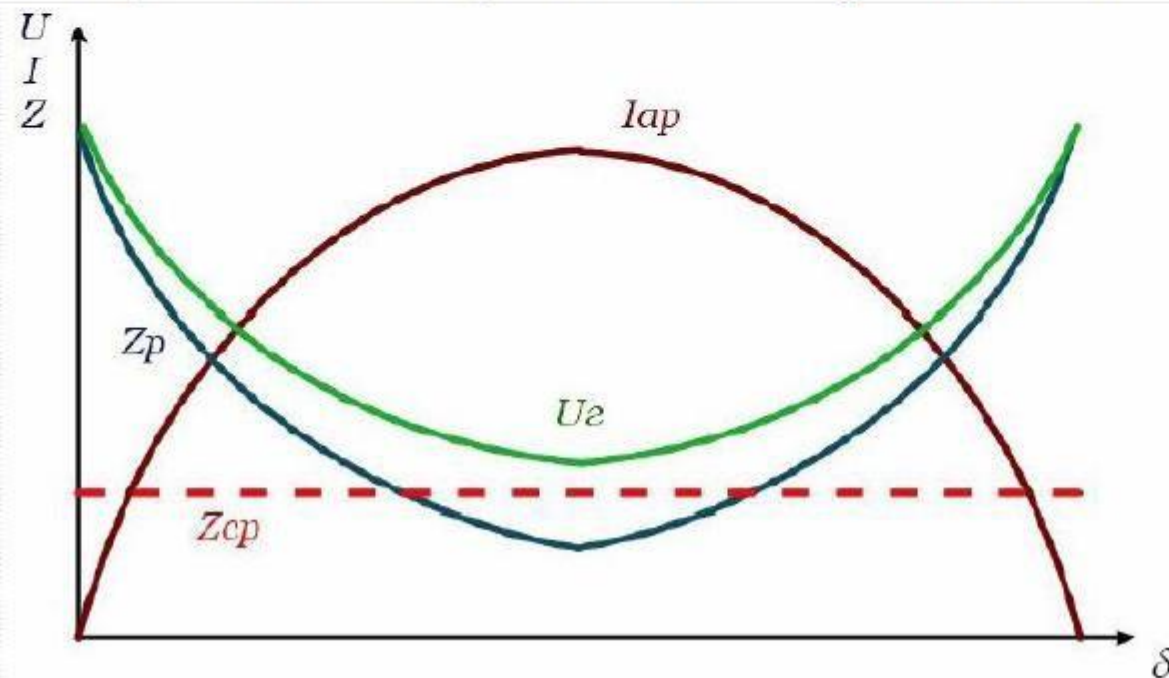
& - логический элемент «И». Срабатывает, когда все три условия, подводимые к нему, выполняются;

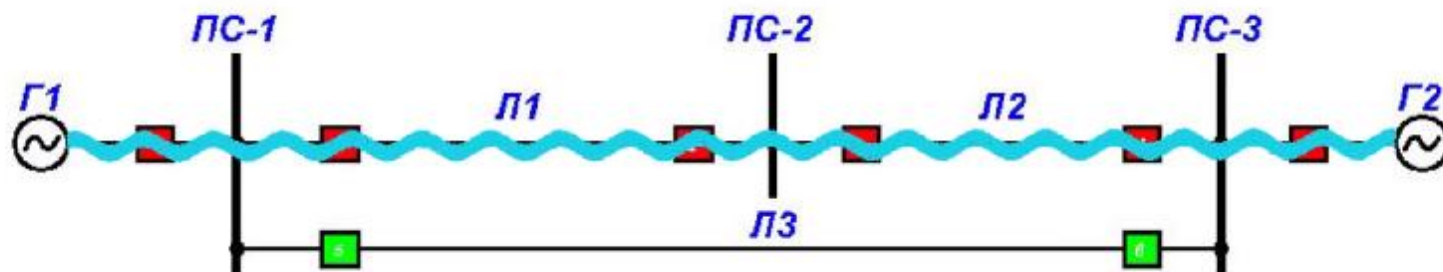
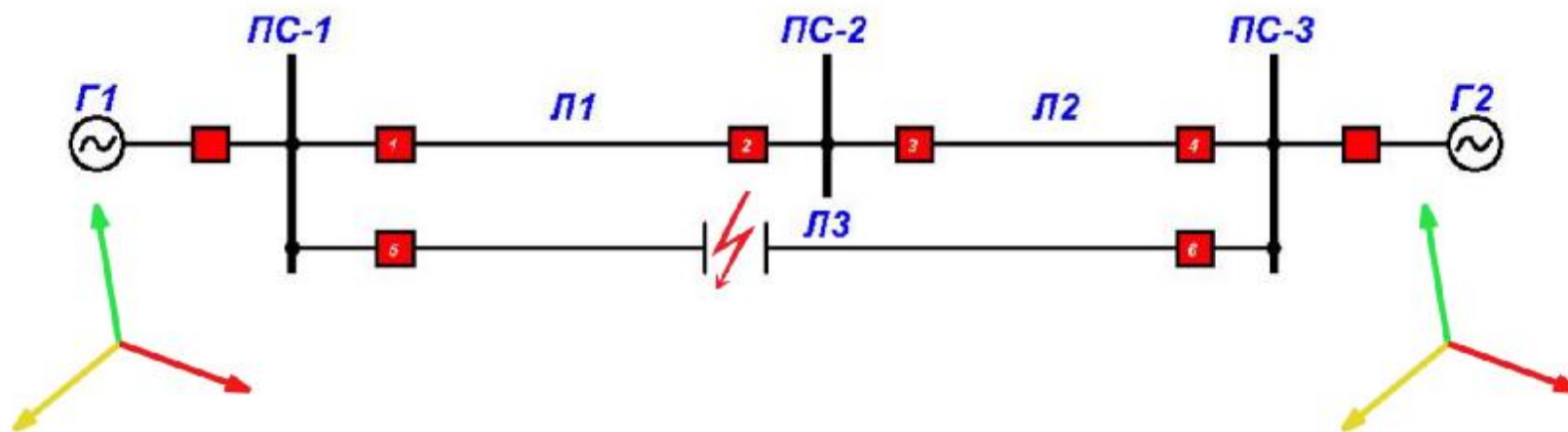
kT2, kT3 – выдержки времени второй и третьей ступени соответственно;

kH1, kH2, kH3 – сигнальные реле 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней защиты соответственно.

Принцип выполнения блокировки от качаний

При нарушении параллельной работы энергосистемы нарушается синхронная работа электростанций и возникает асинхронный ход, сопровождающийся периодическими изменениями (качаниями) тока и напряжения.





Синхронные качания – режим энергосистемы, при котором происходят периодические изменения его параметров (токов, напряжений) без нарушения синхронизма.

Качания возникают при нарушении синхронной работы генераторов электростанций электроэнергетической системы (ЭЭС), а также при подключении или отключении большой активной нагрузки, по величине соизмеримой с мощностью нагрузки потребителей данной энергосистемы. В нормальном (синхронном) режиме угол $\delta_{\text{норм}}$ между ЭДС E_1 генерирующей системы S_1 и ЭДС E_2 потребляющей системы S_2 находится обычно в пределах от 0 до 45 градусов:

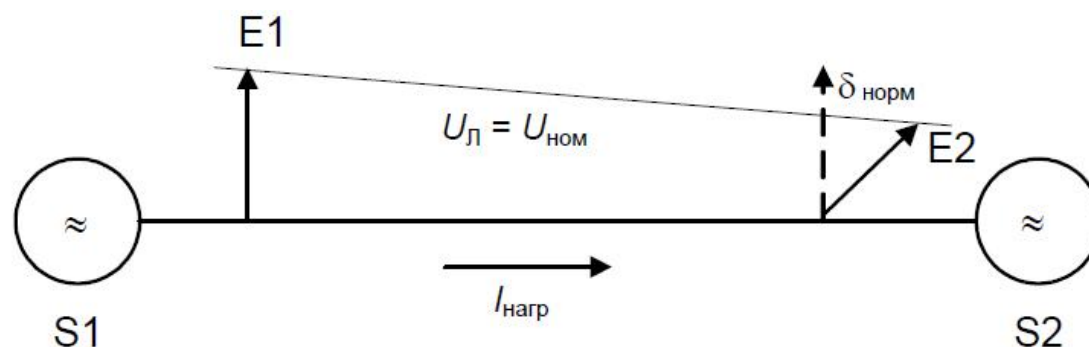


Рис. 1. Нормальный (синхронный) режим работы двух систем: S_1 , S_2 – энергосистемы; E_1 , E_2 – ЭДС первой и второй системы соответственно; $\delta_{\text{норм}}$ – угол сдвига между ЭДС систем; $I_{\text{нагр}}$ – ток нагрузки

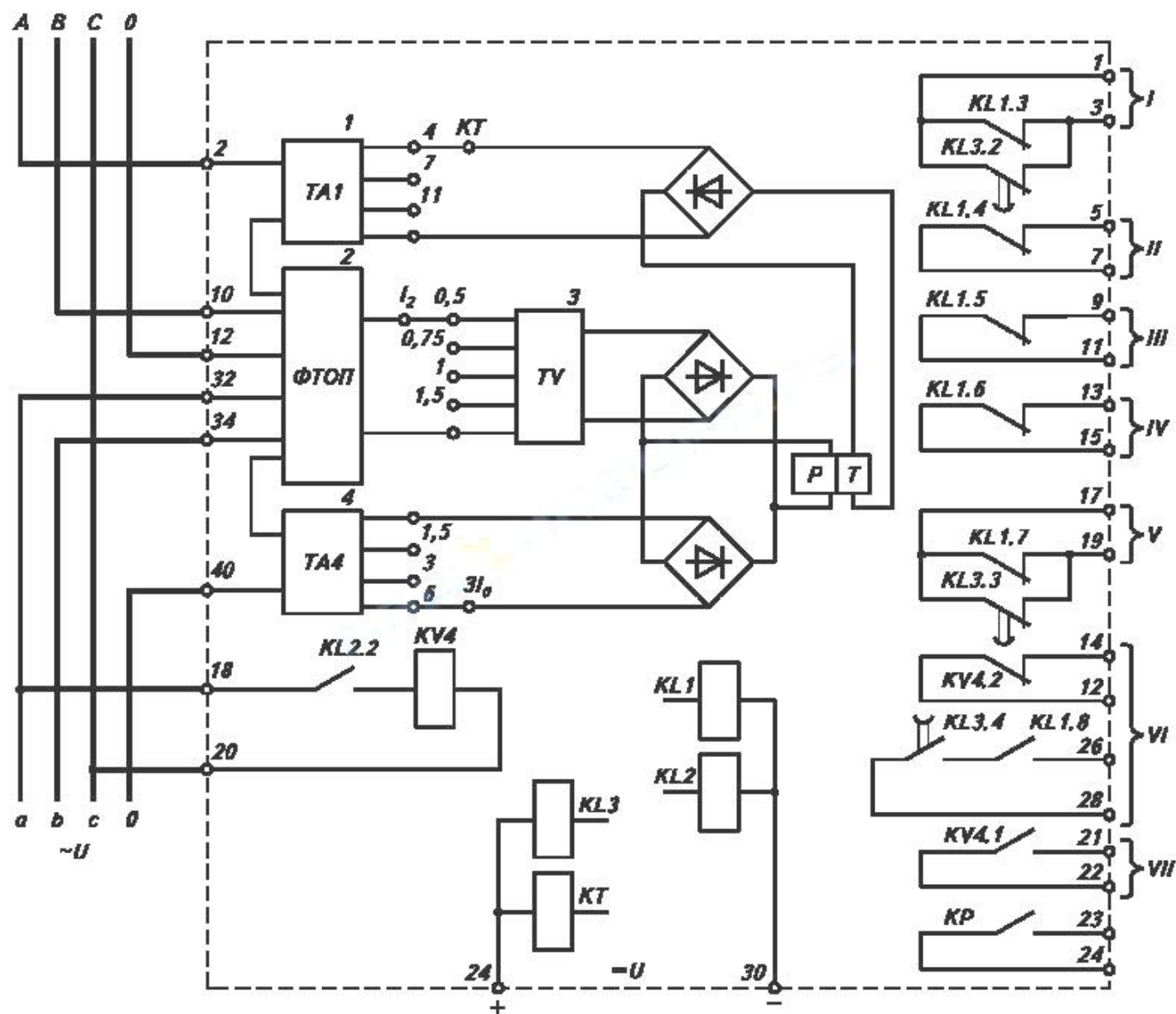
При возникновении синхронных качаний вектор ЭДС E_2 начинает колебаться по отношению к вектору ЭДС E_1 . Периодические изменения угла δ между векторами ЭДС E_1 и E_2 сопровождаются протеканием по линии связи уравнивающего тока и периодическими изменениями напряжений по ее концам. Синхронные качания продолжаются, как правило, примерно 4–5 периодов, после чего устанавливается новый нагрузочный режим с углом δ норм большим, чем в предшествующем режиме, но в пределах допустимого. Значения уравнивающего тока качаний в линии связи и напряжений по ее концам соизмеримы со значениями токов и напряжений при коротких замыканиях (КЗ), что обуславливает возможность отказов функционирования некоторых устройств релейной защиты (УРЗ), прежде всего дистанционных защит (ложных срабатываний, излишних срабатываний, отказов срабатывания). Для исключения отказов функционирования УРЗ применяются устройства их блокировки при качаниях (УБК), использующие различные алгоритмы функционирования.

Принцип выполнения блокировки от качаний

По принципу действия блокировки от качаний могут быть разделены на две группы:

1. Короткие замыкания и качания различают по хотя бы кратковременному наличию аварийных составляющих, например, токов обратной последовательности.
2. Короткие замыкания и качания различают по скорости изменения токов и напряжений.

Блокировка при качаниях выполняется в двух вариантах: типа **КРБ-125**, в которой выявителем несимметрии служит *фильтр напряжений обратной последовательности* (ФНОП), и типа **КРБ-126**, в которой таким выявителем является *фильтр токов обратной последовательности* (ФТОП). Блокировка типа КРБ-125 применяется относительно редко, в слаборазветвленных сетях с длинными ВЛ и маломощными источниками питания. Вблизи мощных источников питания блокировка становится нечувствительной. Блокировка типа КРБ-126 широко применяется в разветвленных сетях с мощными источниками питания, но может оказаться нечувствительной в конце длинной ВЛ, отходящей от маломощного источника питания. Кроме того, блокировку приходится загроублять для отстройки от токов обратной последовательности на ВЛ, примыкающих к тяговому ПС, что тоже снижает ее чувствительность.



Структурная схема и схема подключения устройства:

KL1-KL3 - промежуточные реле;

KV4 - реле минимального напряжения;

KP - пусковое реле;

КТ - реле времени;

ТА1, ТА4 - трансформаторы тока;

TV - промежуточный трансформатор;

ФТОП - фильтр тока обратной последовательности;

I, II, V - к схеме дистанционной защиты;

III - к схеме высокочастотной блокировки;

IV - к схеме фиксации одновременного срабатывания дистанционной защиты и блокировки при качаниях;

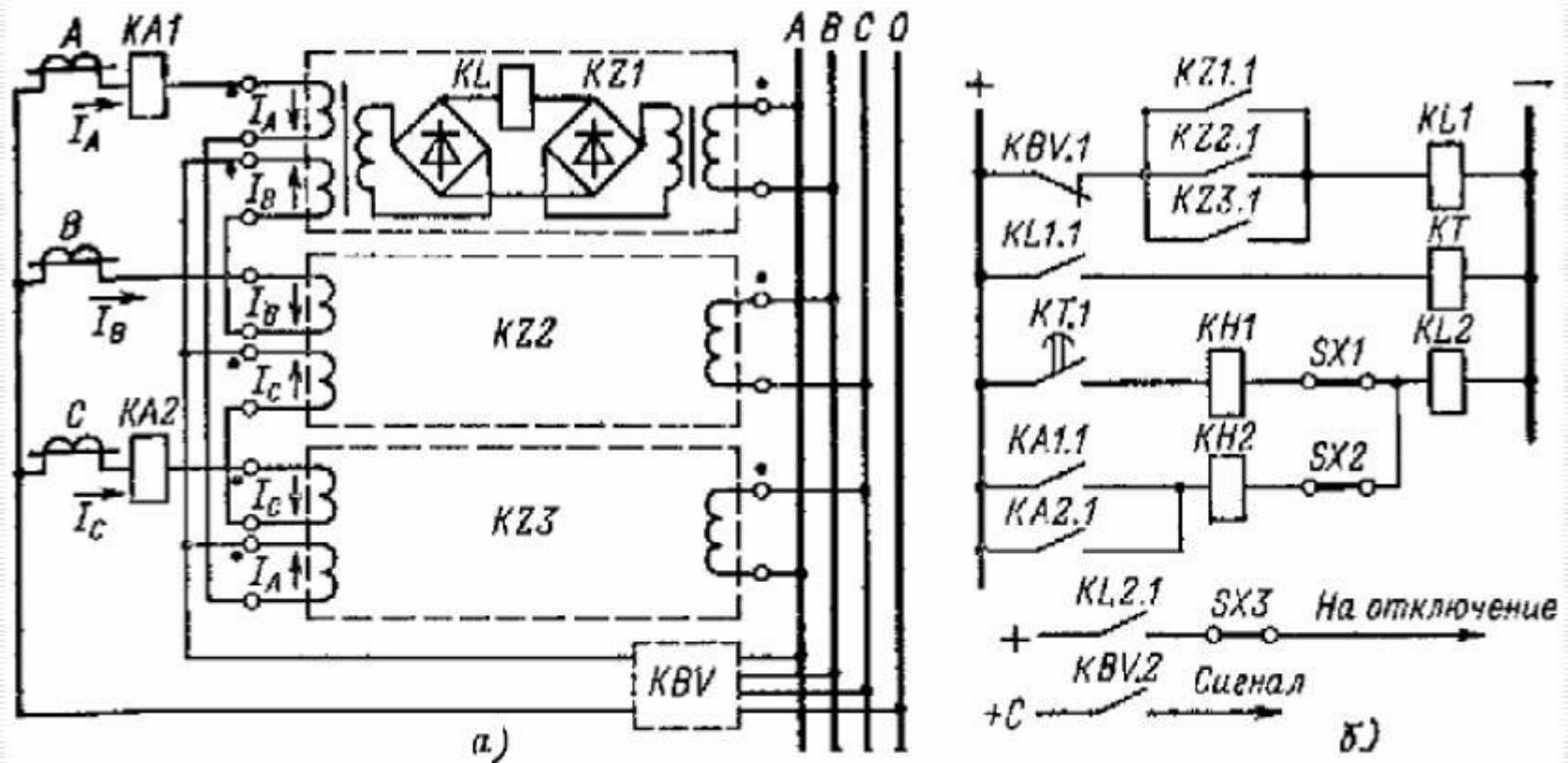
VI - резервные контакты;

VII - к контактам реле, обеспечивающим быстрый возврат схемы блокировки

Блокировка защиты от нарушения цепей напряжения

При отключении автоматических выключателей (либо перегорании предохранителей), установленных в цепях трансформаторов напряжения, напряжение, подводимое к реле сопротивления, может оказаться значительно ниже нормального, а ток останется прежним. При этом отношение пониженного напряжения к току нагрузки может оказаться меньше сопротивления срабатывания и реле срабатывает ложно. Для предотвращения таких ложных действий защиты предусмотрена блокировка **kBV**, которая при указанных нарушениях выводит защиту из работы.

Принципиальная схема одноступенчатой трехсистемной дистанционной защиты в сочетании с токовой отсечкой



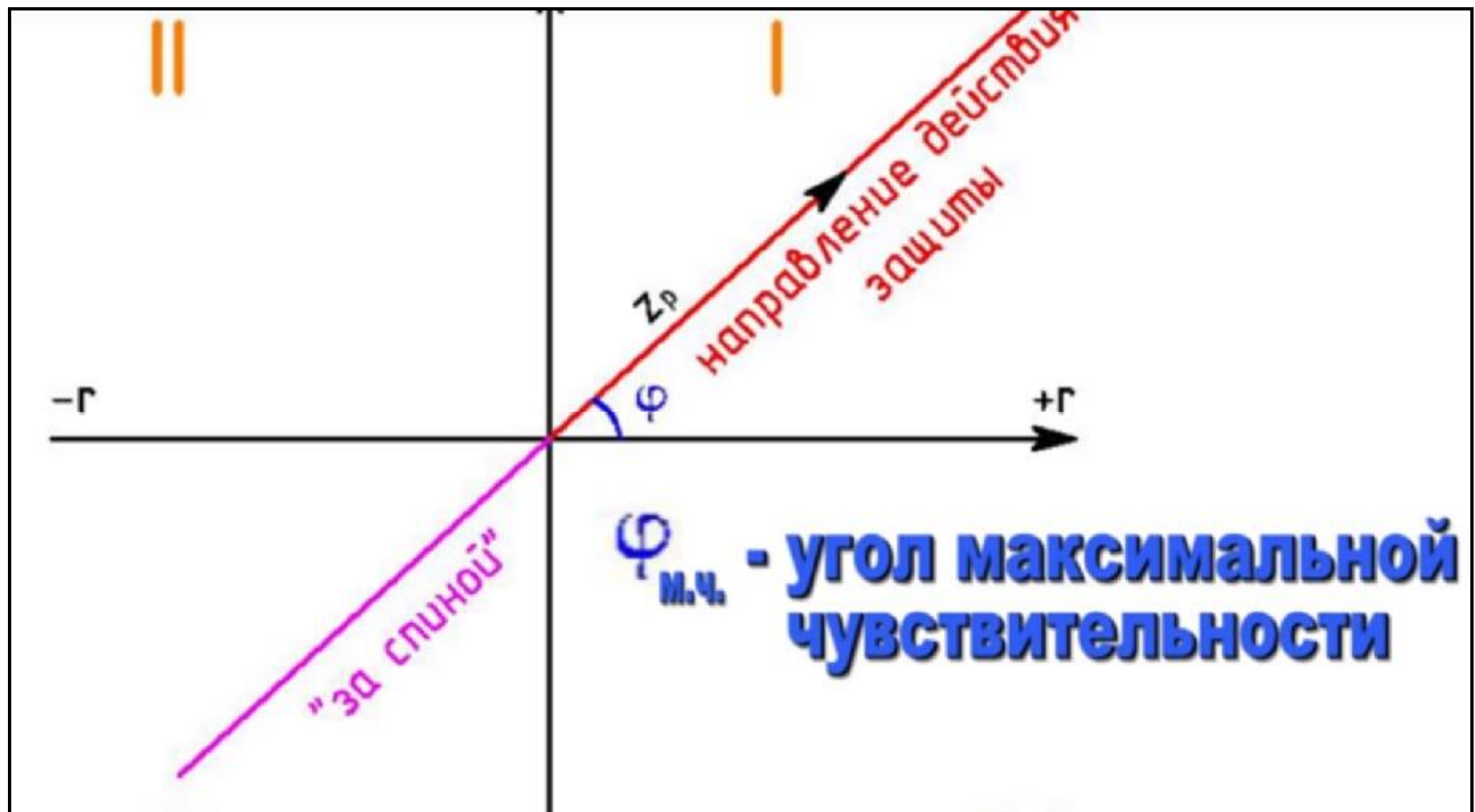
а) схема цепей тока и напряжения; б) схема цепей постоянного оперативного тока

Характеристики реле сопротивления дистанционной защиты

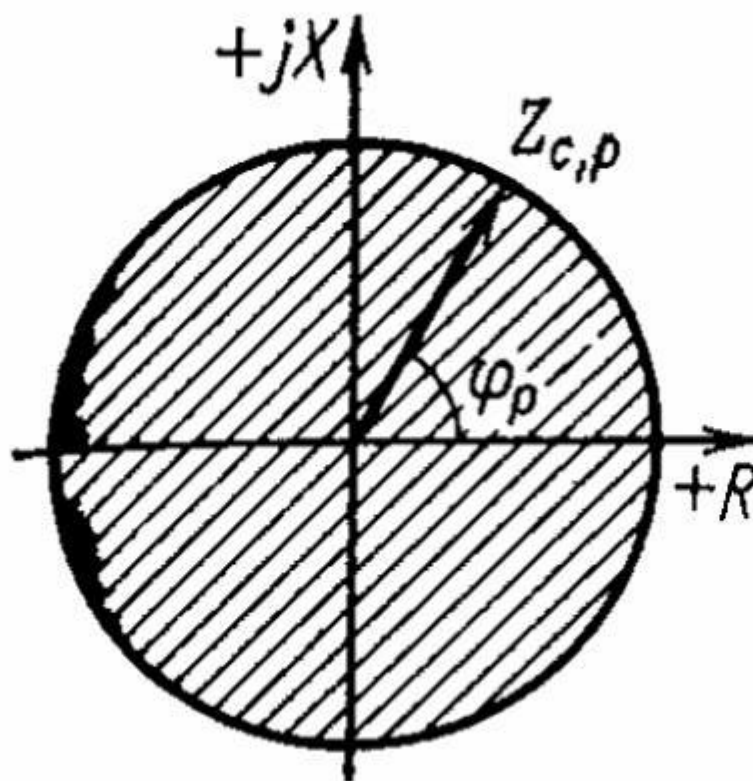
Характеристики реле полного сопротивления удобно изображать графически, откладывая R по горизонтальной оси и X по вертикальной оси. $Z_{с.р.мах}$ — наибольшее значение сопротивления срабатывания;

δ (или $\varphi_{м.ч.}$) — угол, при котором $Z_{с.р.} = Z_{с.р.мах}$, называется *углом максимальной чувствительности* реле сопротивления. Значение этого угла принимается при конструировании реле.

Зона, ограниченная окружностью (либо фигурой другой формы) является *зоной действия реле*.

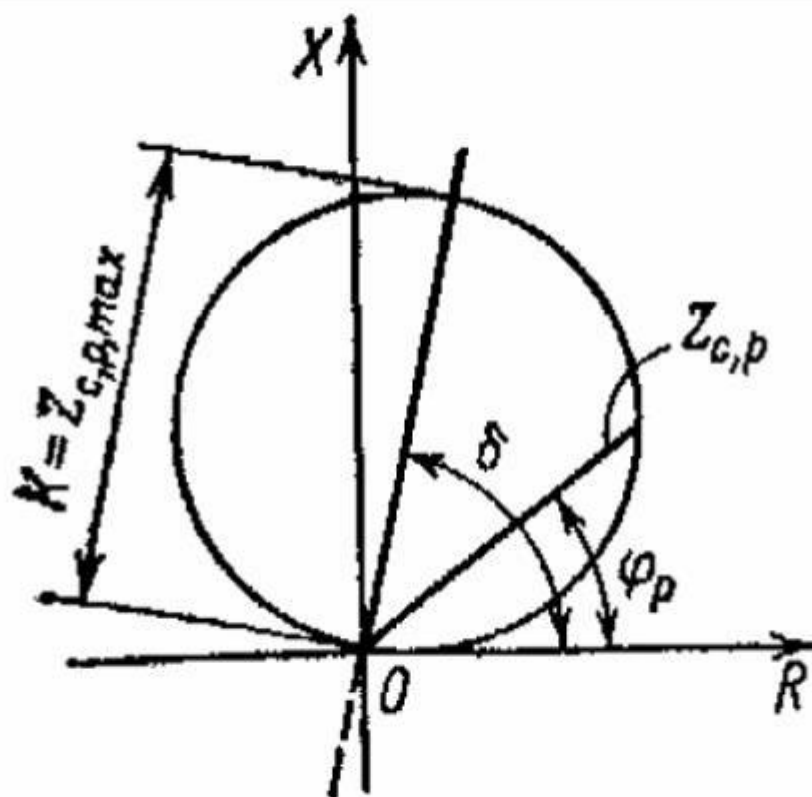


Ненаправленное реле полного сопротивления

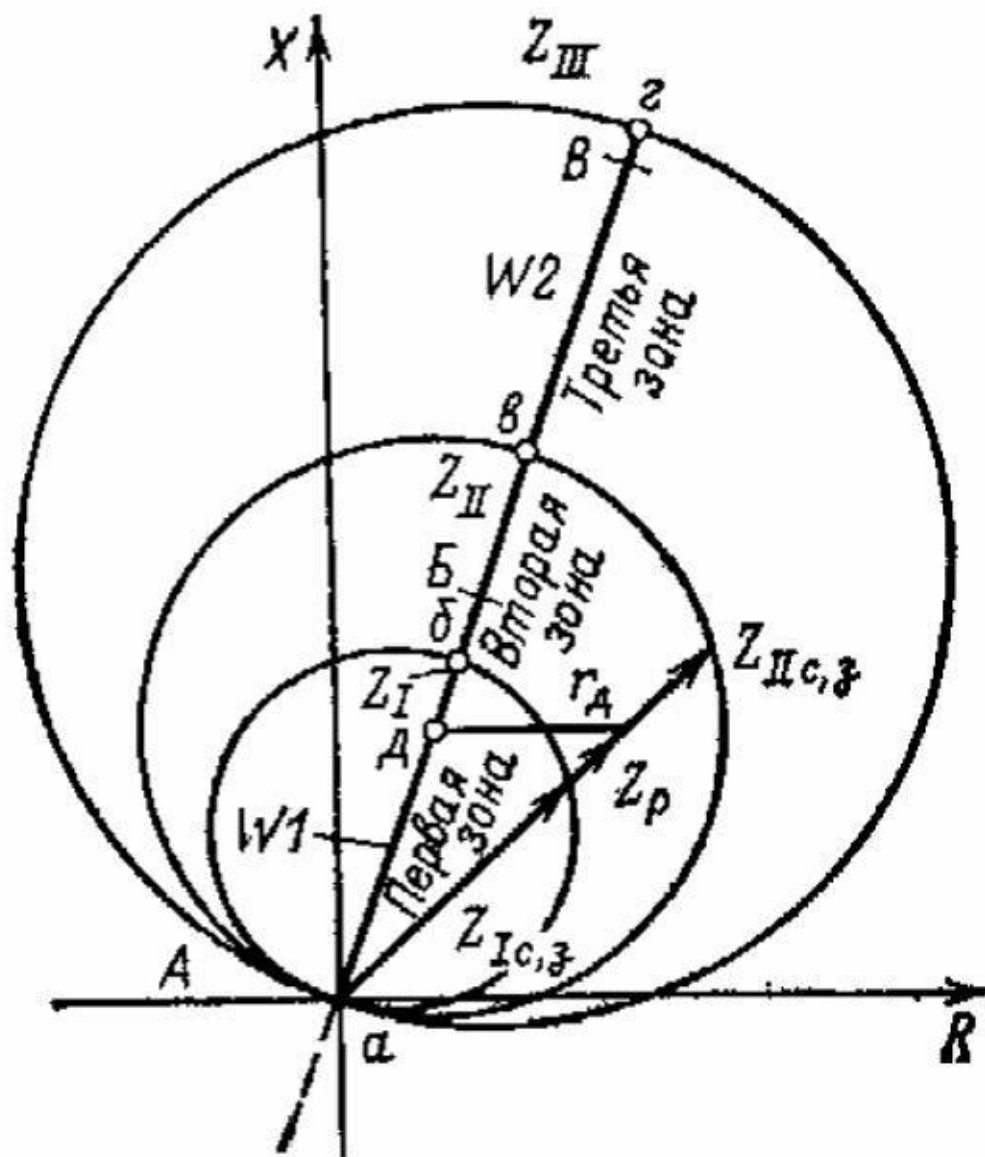


Сопротивление срабатывания этого реле является величиной постоянной, не зависящей от угла между током и напряжением

Характеристика направленного реле сопротивления

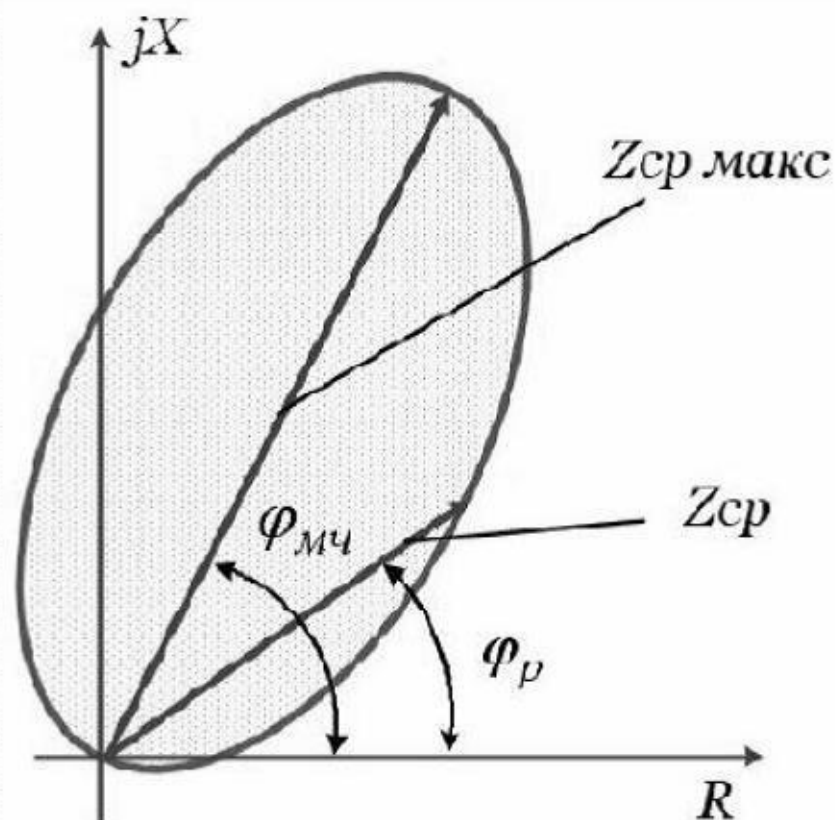


Точка 0 соответствует началу защищаемой линии, и т.к. характеристика реле расположена в первой четверти, то оно действует только в одном направлении.



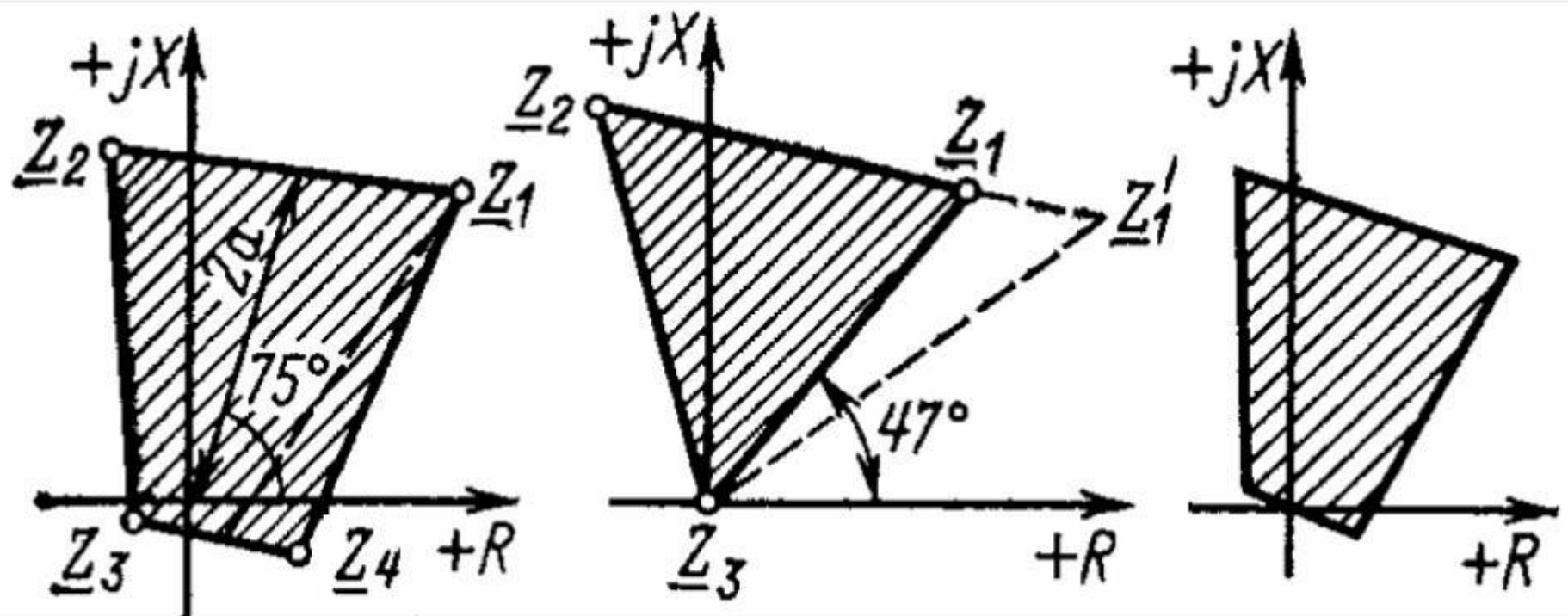
**Характеристики
направленных реле
полного сопротивления
трехступенчатой
дистанционной защиты**

Характеристика направленного реле с эллиптической характеристикой



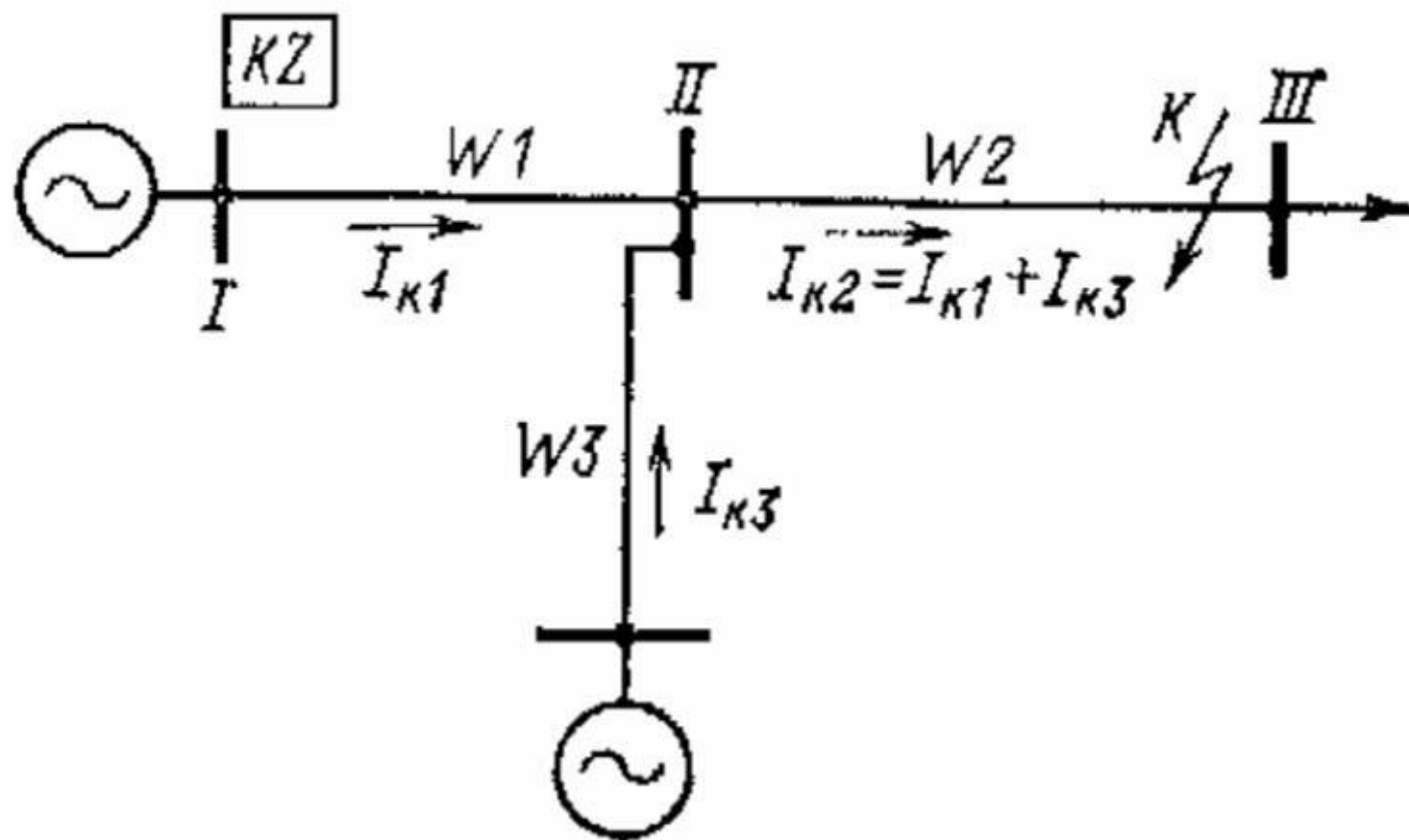
Используются для третьих ступеней защит с целью улучшения отстройки от рабочих режимов и получения большей чувствительности.

Реле с характеристикой в виде многоугольника



Наиболее современный тип характеристик. Используется в цифровых устройствах защиты. Данный вид характеристик в большей мере, чем другие, совпадает с контуром области расположения векторов $Z_{с.р.}$.

Расчет параметров дистанционной защиты



На участке I – II установлена трехступенчатая дистанционная защита.

Расчет параметров дистанционной защиты

Сопротивление срабатывания реле сопротивления первой ступени (зоны) определяется из условия отстройки от КЗ на шинах противоположной подстанции:

$$Z_{\text{С.З.}}^{\text{I.ст}} = k_{\text{H}} \cdot Z_{\text{W1}}$$

Z_{W1} - сопротивление защищаемой линии;

k_{H} – коэффициент надежности (принимается равным 0,8 – 0,85).

Первая ступень, как правило, выполняется без выдержки времени:

$$t_{\text{С.З.}}^{\text{I.ст}} = 0$$

Расчет параметров дистанционной защиты

Сопротивление срабатывания реле сопротивления второй ступени (зоны) определяется по следующим условиям:

1. Отстройка от конца первой ступени дистанционной защиты смежных линий:

$$Z_{C.3.}^{II.ст} = k_H \cdot (Z_{W1} + k_H k_P Z_{C.3.}^{I.ст})$$

$Z_{C.3.}^{I.ст}$ - сопротивление срабатывания первой ступени дистанционной защиты линии W2;

k_P – коэффициент токораспределения, равный: $k_P = \frac{I_{K2}}{I_{K1}}$

I_{K1} , I_{K2} – токи КЗ, проходящие по линиям W1 и W2, при КЗ в конце линии W2.

Расчет параметров дистанционной защиты

2. Отстройка от КЗ за трансформаторами приемной подстанции:

$$Z_{C.3.}^{II.ct} = k_H \cdot (Z_{W1} + k_P Z_T)$$

Z_T - сопротивление трансформатора;

Выдержка времени второй ступени принимается на ступень селективности больше выдержки времени тех защит, от которых производилась отстройка сопротивления срабатывания второй ступени

$$t_{C.3.W1}^{II.ct} = t_{C.3.W2}^{I.ct} + \Delta t$$

Расчет параметров дистанционной защиты

Сопротивление срабатывания реле сопротивления третьей ступени (зоны) определяется из условия отстройки от максимального тока нагрузки и минимального эксплуатационного напряжения на шинах подстанции:

- для ненаправленного реле:

$$Z_{\text{С.З.}}^{\text{III.ст}} = \frac{U_{\text{min}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{н.мах}} k_{\text{H}} k_{\text{B}}};$$

- для направленного реле:

$$Z_{\text{С.З.}}^{\text{III.ст}} = \frac{U_{\text{min}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{н.мах}} k_{\text{H}} k_{\text{B}} \cos(\delta - \varphi_{\text{P}})};$$

Выдержка времени определяется аналогично второй ступени.

Общая оценка дистанционной защиты

Достоинства:

1. Селективность действия в сетях любой конфигурации с любым числом источников питания;
2. Малые выдержки времени в начале защищаемого участка (85%);
3. Большая чувствительность и лучшая отстройка от нагрузочных режимов и качаний по сравнению с МТЗ.

Недостатки:

1. Сложность защиты в части схемы и реле;
2. Невозможность обеспечения мгновенного отключения КЗ на протяжении всей линии;
3. Необходимость отстройки от качаний и нагрузки.