

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ УСТАВОК ДЗШ НА БАЗЕ ПМ РЗА "ДИАМАНТ"

I ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ДЗШ 110 кВ

Аппаратно ДЗШ – 110 кВ для двойной с.ш. с обходной выполняется из двух ПМ РЗА "Диамант" (по модулю на секцию), работающих совместно и взаиморезервирующих друг друга по основным функциям.

Защита работает на дифференциальном принципе – сравнении векторов токов в плечах защиты.

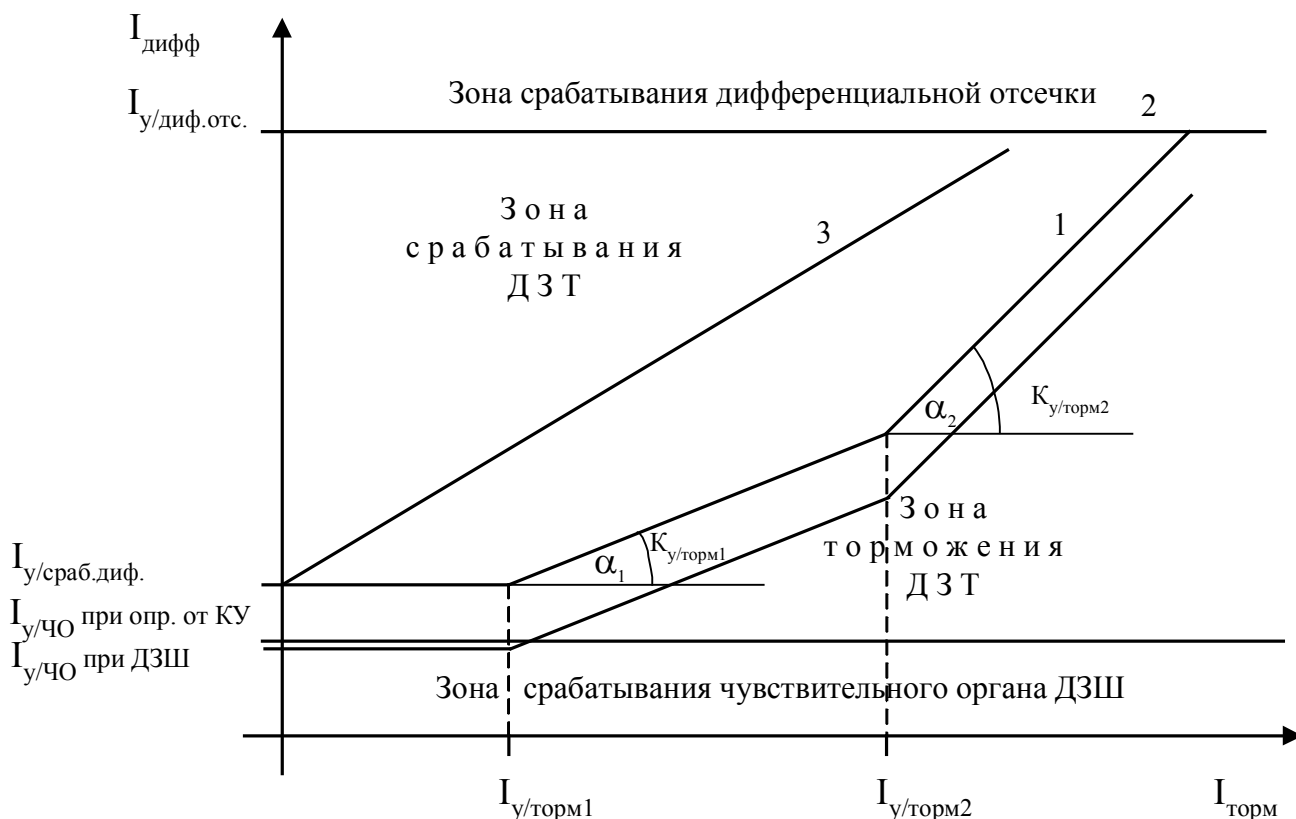
При наличии на шинах 110 кВ ПС нескольких групп трансформаторов тока с различными коэффициентами предусматривается установка выравнивающих трансформаторов, располагаемых на панелях ДЗШ.

Защита выполнена в трехфазном 4-х плечном исполнении.

Схема организации токовых цепей представлена в Приложении 12.

Дифференциальный ток вычисляется как геометрическая сумма токов в плечах защиты с учетом коррекции коэффициентов трансформации трансформаторов тока в плечах. Для увеличения надёжности отстройки дифференциальной защиты от токов небаланса при внешних КЗ вводится зависимость уставки срабатывания от величины тока торможения: $I_{\text{диф.ср.}} = f(I_{\text{торм}})$.

Характеристики срабатывания ДЗШ в зависимости от тормозного тока приведены на рисунке 1.



- $I_{\text{у/диф.отс}}$ – уставка по току срабатывания дифференциальной отсечки.
- $I_{\text{у/сраб.диф}}$ – уставка по дифференциальному току срабатывания ДЗТ.
- $I_{\text{у/ЧО}}$ – уставка по току срабатывания чувствительного органа ДЗШ.
- $I_{\text{у/торм 1}}$ – уставка начала торможения ДЗТ 1-го наклонного участка характеристики срабатывания.

$I_{у/гор\text{м} 2}$ – уставка начала торможения ДЗТ 2-го наклонного участка характеристики срабатывания.

$K_{у/гор\text{м} 1}$ – уставка коэффициента торможения ДЗТ на 1-ом наклонном участке характеристики срабатывания (зависит от угла наклона данного участка характеристики срабатывания и представляет собой тангенс этого угла), изменяемая в диапазоне 0 – 1 с точностью 0,001.

$K_{у/гор\text{м} 2}$ – уставка коэффициента торможения ДЗТ на 2-ом наклонном участке характеристики срабатывания (зависит от угла наклона данного участка характеристики срабатывания и представляет собой тангенс этого угла) (диапазон 0 - 1).

Рисунок 1 – Характеристика срабатывания продольной токовой дифференциальной защиты шин

ДЗШ имеет следующие функциональные органы с независимыми друг от друга характеристиками:

- чувствительный орган (ЧО) ДЗШ для опробования выключателей и системы шин от ключа управления;
- ЧО для опробования шин при автосборке шин после работы ДЗШ;
- дифференциальную отсечку (ДО);
- дифференциальную защиту с торможением (ДЗТ);
- ЧО "Діаманта" № 1 воздействует на присоединение 1 с.ш., ЧО "Діаманта" № 2 – на 2 с.ш.

ЧО ДЗШ от ключа управления вводятся в работу автоматически на заданное время при отсутствии напряжения на системе шин при опробовании соответствующей системы шин заданными присоединениями и действует на отключение выключателя опробующего присоединения в ручную без торможения и без отстройки от гармоник.

ЧО ДЗШ для АПВШ выполняется с торможением и вводится также на заданное время при срабатывании ДЗШ. При срабатывании ЧО в процессе АПВШ отключаются все присоединения, заведенные под ЧО.

ДО действует при дифференциальных токах, значительно превышающих номинальные токи (задается уставкой), без блокировки по гармоникам.

При меньших токах действует ДЗТ с торможением. Предусмотрена отстройка от токов 2-ой (от бросков тока намагничивания) и 5-ой (при перевозбуждении трансформатора) гармоник. Ввод и вывод блокировок по гармоникам, а также задание уровней блокировок осуществляется отдельно по каждой гармонике через уставки. Блокировки по гармоникам целесообразно использовать в неполных схемах ДЗШ.

Ввод в работу и вывод из работы, а также переключение работы каждой ступени на сигнал или отключение осуществляется независимо через уставки.

ДЗШ отслеживает нарушение закрепления элементов за шинами (переключение присоединения с одной шины на другую) и выдает сообщения о состоянии схемы на ЖКИ и в систему центральной сигнализации. Критерии выявления внешних КЗ и повреждений на первой и второй системах шин при фиксированных и нефиксированных схемах приведены в таблице 1. Поясняющая схема приведена на рисунке 2. Направление токов принято условно.

Таблица 1

Прибор		Расчетные выражения	Фиксированная схема			Нефиксированная схема			Фиксированная схема. ШСВ откл.		
			Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.	Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.	Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.
ПМ РЗА №1	Избирательный орган	$I_{Л1} + I_{Т1} + I_{Ш}$	= 0	≠ 0	= 0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	= 0	≠ 0	= 0

Продолжение таблицы 1

Прибор		Расчетные выражения	Фиксированная схема			Нефиксированная схема			Фиксированная схема. ШСВ откл.		
			Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.	Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.	Внешн. КЗ	КЗ I с.ш.	КЗ II с.ш.
ПМ РЗА №1	Пусковой орган	$I_{Л1}+I_{Л2}+I_{Т1}+I_{Т2}$	= 0	≠ 0	≠ 0	= 0	≠ 0	≠ 0	= 0	≠ 0	≠ 0
ПМ РЗА №2	Избирательный орган	$I_{Л2}+I_{Т2}+I_{Ш}$	= 0	= 0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	= 0	= 0	≠ 0
	Пусковой орган	$I_{Л1}+I_{Л2}+I_{Т1}+I_{Т2}$	= 0	≠ 0	≠ 0	= 0	≠ 0	≠ 0	= 0	= 0	≠ 0

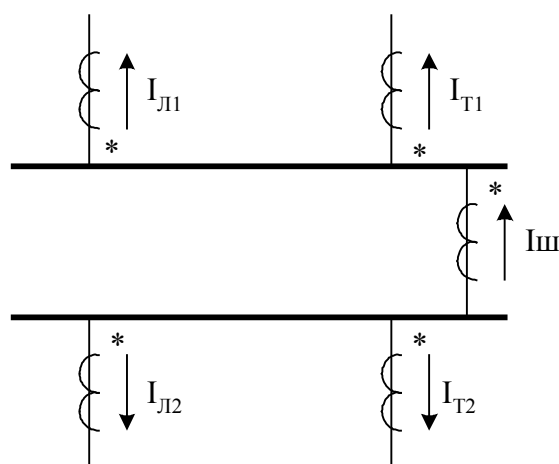


Рисунок 2 – Поясняющая схема

Контроль исправности токовых цепей осуществляется путем проверки дифференциальных токов в фазах и токов нулевой последовательности на превышение заданных допусков. При неисправности токовых цепей срабатывание ДЗШ блокируется. При КЗ при фиксированной схеме отключаются присоединения только поврежденной шины. В случае нарушенной фиксации при КЗ отключаются присоединения обеих шин.

Характеристика ДЗТ представляет собой ломаную линию, состоящую из независимой части и двух участков с торможением, наклоны которых определяются коэффициентами торможения, введенными через уставки (рис. 1).

Первый участок с торможением - предназначен для отстройки от небаланса токов, связанных с неидентичностью трансформаторов тока.

Второй участок используется при больших кратностях токов и связанных с ними погрешностями трансформаторов тока при их насыщении.

Работа ДЗТ основана, как отмечалось, на сравнении векторов токов в плечах защиты

Дифференциальный ток вычисляется как геометрическая сумма токов в плечах защиты с учетом коррекции коэффициентов трансформации трансформаторов тока в плечах. Для надёжной отстройки от токов небаланса при внешних КЗ вводится зависимость уставки срабатывания от величины тока торможения $I_{диф.ср.} = f(I_{торм})$

Общие принципы торможения вытекают из рассмотренных векторных соотношений токов одной фазы защиты шин с двумя присоединениями (рисунок 3) при внешнем КЗ. Токи двух присоединений с учётом полярности ТТ, т.е. токи в плечах защиты можно представить в виде симметричных составляющих: дифференциального вторичного тока, равного разности вторичных токов $I_{qb} = I_{1B} - I_{11B}$, и сквозного вторичного тока равного полусумме вторичных токов $I_{скв.в} = 0,5 (I_{1B} + I_{11B})$.

Тогда вторичные токи в плечах защиты

$$I_{IV} = I_{СКВ.В} + 0,5 I_{ДВ}$$

$$I_{IIB} = I_{СКВ.В} - 0,5 I_{ДВ}$$

При внешних КЗ абсолютное значение разности токов всегда меньше полусуммы вторичных токов, т.е.

$$|I_{IV} - I_{IIB}| < 0,5 |I_{IV} + I_{IIB}|$$

или

$$I_{ДВ} < I_{СКВ.В} \quad (1)$$

При внутренних КЗ абсолютное значение разности будет больше полусуммы вторичных токов, т.е.

$$|I_{IV} - I_{IIB}| > 0,5 |I_{IV} + I_{IIB}|$$

или

$$I_{ДВ} > I_{СКВ.В} \quad (2)$$

Выражение (2) показывает, что с увеличением сквозного тока, создающего торможение, дифференциальный ток, используемый как рабочий ток, в условиях срабатывания равный $I_{ср.}$, автоматически возрастает.

При одностороннем питании внутреннего КЗ

$$I_{IIB} = 0; \quad I_{ДВ} = I_{IV}; \quad I_{СКВ.В} = 0,5 I_{IV},$$

из чего следует $K_{ТОРМ.МАКС} = I_{IV} / I_{СКВ.В} = 2$

В ДЗШ – 110 кВ, реализованной на базе ПМ РЗА "Діамант", значение тормозного тока определяется как

$$I_{ТОР} = \left[\frac{|I_{Л1}| + |I_{Т1}| + |I_{Ш}|}{2} \right] - \text{для избирательных органов I с.ш.};$$

$$I_{ТОР} = \left[\frac{|I_{Л2}| + |I_{Т2}| + |I_{Ш}|}{2} \right] - \text{для избирательных органов II с.ш.};$$

$$I_{ПУСК} = \left(\frac{|I_{Л1}| + |I_{Л2}| + |I_{Т1}| + |I_{Т2}|}{2} \right) - \text{для пусковых органов,}$$

где сомножитель в скобках представляет арифметическую полусумму действующих значений входных токов $I_{Л1}$, $I_{Т1}$, $I_{Ш}$ и т.д. в соответствующих плечах защиты [3].

В практике релейной защиты с торможением обычно используют $K_{ТОРМ}$ в пределах 0,15 – 0,5. Диапазон регулирования $K_{ТОРМ}$ в ДЗТ на базе ПМ РЗА "Діамант" позволяет его изменять от 0 до 1,0.

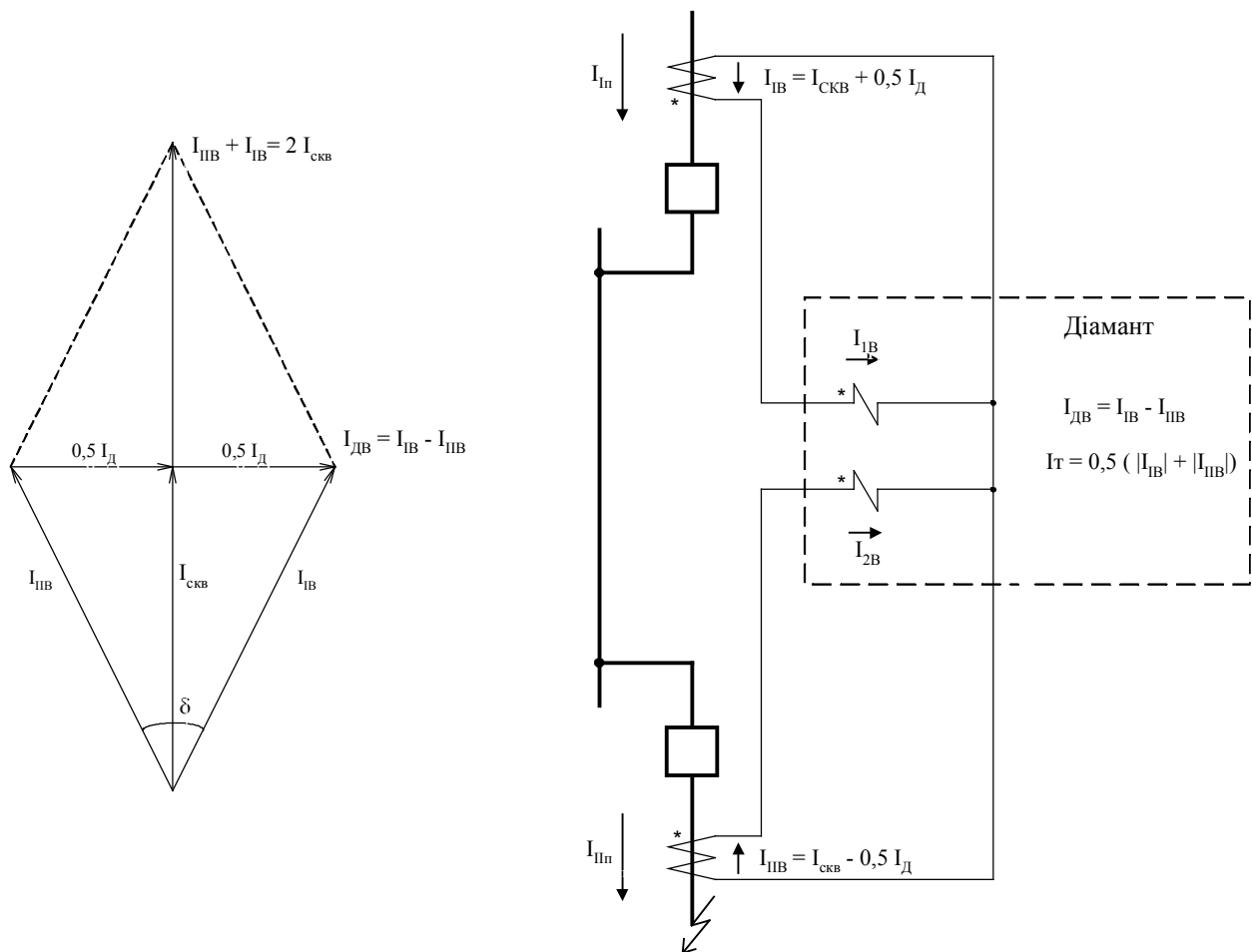


Рисунок 3 – Векторная диаграмма вторичных токов в цепях защиты

Технические характеристики продольной дифференциальной защиты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики дифференциальной защиты с торможением

Наименование параметра	Значение
Диапазон коэффициентов выравнивания токов в плечах	0 – 20
Дискретность коэффициентов выравнивания токов в плечах	0,01
Уставка тока контроля исправности токовых цепей, А	0,05 – 20
Дискретность тока контроля исправности токовых цепей, А	0,01
Время выдержки контроля исправности токовых цепей, с	0,1 – 20
Дискретность времени выдержки контроля исправности токовых цепей, с	0,1
Ток срабатывания дифференциальной отсечки, А	0,1 – 100
Дискретность тока срабатывания дифференциальной отсечки, А	0,1
Ток блокировки ДЗТ по 2-ой и 5-ой гармоникам, А	0,05 – 50
Дискретность тока блокировки ДЗТ по 2-ой и 5-ой гармоникам, А	0,01
Дифференциальный ток срабатывания ДЗТ, А	0,05 – 50
Дискретность дифференциального тока срабатывания ДЗТ, А	0,01
Коэффициенты торможения 1-го и 2-го наклонных участков характеристики срабатывания защиты	0 – 1
Дискретность коэффициентов торможения 1-го и 2-го наклонных участков характеристики срабатывания защиты	0,001

Продолжение таблицы 2

Наименование параметра	Значение
Уставка тормозного тока 1-го и 2-го наклонных участков характеристики срабатывания защиты, А	0 – 50
Дискретность уставки тормозного тока 1-го и 2-го наклонных участков характеристики срабатывания защиты, А	0,01
Ток срабатывания чувствительного органа ДЗШ, А	0,05 – 50
Дискретность тока срабатывания чувствительного органа ДЗШ, А	0,05
Время действия чувствительного органа ДЗШ, с	0,1 – 20
Дискретность времени действия чувствительного органа ДЗШ, с	0,1
Время АПВШ опробующего присоединения, с	0,1 – 20
Дискретность времени АПВШ опробующего присоединения, с	0,1
Напряжения пуска чувствительного органа, В	1 – 100
Дискретность напряжения пуска чувствительного органа, В	1
Время срабатывания защиты, с	$\leq 0,025$

Выбор уставок ДЗШ сводится к расчётам соответствующих параметров срабатывания защиты в первичных величинах и пересчёту их во вторичные величины.

II РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ШИН НА БАЗЕ ПМ РЗА "ДИАМАНТ" 35-220 КВ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

1 Расчеты дифференциальных токовых защит шин даны для случая использования трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации в предположении, что вторичные цепи трансформаторов тока защиты частично собираются в распределительном устройстве и частично на релейном щите. Кроме того, учитывается возможность установки разделительных и выравнивающих трансформаторов тока в плечах ДЗТ.

2 Трансформаторы тока, используемые для защиты шин, должны удовлетворять кривым допустимым кратностям при 10% погрешности. Проверка по указанным кривым должна производиться для трансформатора тока элемента, обтекаемого наибольшим током при внешнем коротком замыкании.

3 Программное обеспечение ПМ РЗА "Діамант" позволяет выбрать следующие характеристики срабатывания ДЗШ:

- независимая (без торможения, прямая 2 – рисунок 1) используется как отсечка;
- зависимая от торможения с независимым начальным участком (ломанная 1, рисунок 1);
- с "процентным" торможением (прямая 3 – рисунок 1).

Настоящие рекомендации применительны к расчетам ДЗШ с характеристикой 1, рисунок 1.

4 Первичный ток срабатывания дифференциальной защиты I с.з. одиночной системы шин и двойной системы шин при нормальной работе на одной системе, а также пускового органа защиты двойной системы шин с фиксированным распределением элементом выбирается по условию отстройки от максимального тока в защите при разрывах вторичных цепей защиты в нагрузочном режиме [1]:

$$I_{с.з.} \geq k_n I_{нагр. макс.}, \quad (1)$$

где k_n - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2 ÷ 1,5.

Под $I_{нагр. макс}$ для схем с одинаковыми на всех присоединениях коэффициентами трансформации трансформаторов тока понимается первичный ток нагрузки наиболее мощного элемента в предположении возможности разрыва вторичной цепи трансформатора тока этого элемента.

Для схем с разными $K_{ТТ}$ под $I_{нагр. макс}$ понимается максимальный первичный ток нагрузки группы элементов с трансформаторами тока с одинаковыми коэффициентами трансформации в предположении возможности разрыва одной из цепей ПМ РЗА "Діамант". Разрывы указанных цепей рассматриваются в предположении их значительной протяженности.

5 Длина независимого участка характеристики срабатывания ДЗШ по оси торможения определяется из того, что начальный ток срабатывания ДЗШ отстроен от максимального тока нагрузки подстанции. В условиях тупикового питания конкретной подстанции, например "Винница", при работе с одним автотрансформатором, ток через автотрансформатор практически определяет максимальную нагрузку, что является условием выбора параметров трансформаторов тока АТ. Поэтому за начальную точку торможения может быть принят первичный ток автотрансформатора с учетом его допустимой перегрузки и коэффициента коррекции K_k , позволяющим учесть допустимые отклонения тока нагрузки от выбранного.

Таким образом,

$$I_{у тор. 1 п} = k_k I_{нагр. max} \quad (2)$$

или для конкретной ПС 330 кВ

$$I_{y \text{ тор. 1 п}} = k_k I_{\text{ном.п ТТ АТ}} \quad (3)$$

Для дифференциальных защит с токами срабатывания превышающими $I_{\text{ном}}$, коэффициент K_k следует принимать в пределах $0,5 \div 1,0$, при этом меньшее значение K_k загроубляет защиту.

6 Расчет зависимой от торможения части характеристики срабатывания ДЗШ выполняется, исходя из следующих соображений. Ток срабатывания защиты с торможением не есть величина постоянная; он пропорционально возрастает с увеличением тока внешнего КЗ и характеризуется своим начальным минимальным значением $I_{\text{с.з. min}}$ (первая точка перелома характеристики срабатывания ДЗШ, когда торможение отсутствует), принятым в соответствии с п.4, и коэффициентом торможения $K_{\text{у/тор.1}}$, равным тангенсу угла α_1 наклона отрезка прямой зависящего от торможения участка характеристики. Таким образом прямая зависящего участка должна проходить через точку максимального возможного небаланса ДЗШ при необходимом токе торможения, обеспечивающим несрабатывание защиты.

Координатами этой точки являются максимально возможный ток небаланса $I_{\text{нб.расч.мах}}$ и соответствующий ему ток торможения.

6.1 Максимально возможный ток небаланса $I_{\text{нб.расч.мах}}$ определяется по условию отстройки от максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания. При этом не учитывается влияние апериодической составляющей, поскольку в алгоритмах определения дифференциального тока ДЗШ в ПМ РЗА "Диамант" используются только первые гармонические составляющие токов.

Расчетный ток небаланса $I_{\text{нб.расч}}$ может быть определен следующим образом:

$$I_{\text{нб.расч}} = k_{\text{апер}} \cdot f_i I_{\text{КЗ вн.макс.}}, \quad (4)$$

где $k_{\text{апер}}$ - коэффициент, учитывающий переходный режим (наличие апериодической составляющей тока) принимается равным 1,0 как отмечалось выше;

f_i - сумма относительных погрешностей трансформаторов тока в плече; принимается равной 0,1 для каждого вида ТТ, поскольку трансформаторы тока выбираются по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности;

$I_{\text{КЗ вн.макс.}}$ - периодическая слагающая (при $t = 0$) максимально возможного первичного тока короткого замыкания, проходящего при внешнем повреждении по трансформаторам тока элемента, являющегося расчетным.

6.2 Максимальный ток торможения, обеспечивающий отстройку от тока небаланса по 6.1, определяется как арифметическая полусумма токов всех плеч защиты при $I_{\text{КЗ вн. макс}}$

$$I_{\text{Т макс}} = 0,5 (|I_{\text{л}}| + |I_{\text{т}}| + |I_{\text{ш}}|) \quad (5)$$

где $I_{\text{л}}$, $I_{\text{т}}$, $I_{\text{ш}}$ – составляющие токов КЗ в плечах защиты.

Коэффициент торможения $K_{\text{торм1}} = \text{tg}\alpha_1$ определяется как

$$K_{\text{торм.1}} = \text{tg}\alpha_1 = \frac{I_{\text{нб.расч.мах}} - I_{\text{с.з. min}}}{I_{\text{торм.мах}} - I_{\text{у/торм.1}}}, \quad (6)$$

где $I_{\text{нб.расч.мах}}$ определяется по (4);

$I_{\text{с.з. min}}$ определяется по (1);

$I_{\text{торм.мах}}$ определяется по (5);

$I_{\text{у/торм.1}}$ определяется по (2).

6.3 Как отмечалось выше, параметры срабатывания ДЗШ выбираются, исходя из 10% погрешности трансформаторов тока ДЗШ. В случаях, когда трансформаторы тока

дают большую погрешность, необходимо использовать второй участок торможения характеристики срабатывания ДЗШ. При этом $I_{у/торм.2}$ определяется по (5), а за начальную точку принимается первичный суммарный ток, при котором начинают насыщаться ТТ в любом плече ДЗШ.

Максимально возможный ток небаланса для второго наклонного участка характеристики срабатывания определяется по (4) с учетом максимальной ожидаемой погрешности, что должно учитываться коэффициентом f_i .

7 При ликвидации КЗ на шинах подстанции возможно первоочередное отключение присоединения, дающего наибольшую подпитку КЗ, вследствие чего возможен возврат ("сброс") ДЗШ.

Для недопущения "сброса" защиты в ПМ РЗА "Діамант" используется регулируемый в пределах $0,01 \div 1,00$ коэффициент возврата K_B ДЗШ.

Коэффициент возврата K_B определяется как

$$K_B \leq \frac{I_{с.з.}}{I_{КЗ\min}}, \quad (7)$$

где $I_{с.з.}$ - ток срабатывания ДЗШ на независимом от торможения участке по (1);

$I_{КЗ\min}$ - минимальная составляющая тока КЗ самого слабого присоединения в расчетном режиме.

8 Первичный ток срабатывания избирательных органов дифференциальной защиты шин с фиксированным распределением элементов должен быть больше максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания на другой системе шин и может быть определен по выражению (2). При этом $I_{нб.расч}$ определяется по выражению (4), в котором $I_{КЗ\text{ вн.макс.}}$ - периодическая слагающая (при $t = 0$) максимально возможного первичного тока короткого замыкания, проходящего по трансформаторам тока, установленным в цепи шиносоединительного выключателя, при повреждении на другой системе шин.

Ток срабатывания избирательных органов рекомендуется принимать равным току срабатывания пускового органа.

9 Ток срабатывания реле контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты должен быть больше тока небаланса при максимальном рабочем режиме.

10 Оценка чувствительности ДЗШ

Коэффициент чувствительности $K_{ч.}$ характеризующий способность действия ДЗШ при снижении тока КЗ (например, за счет переходного сопротивления $R_{п.}$), при дифзащите с торможением нельзя определять отношением $I_{КЗ\min}$ к $I_{с.з.}$, так как и сам ток срабатывания $I_{с.з.}$ при уменьшении $I_{КЗ}$, а следовательно, и $I_{торм.}$ снижается. Поэтому рекомендуется графоаналитическое определение $K_{ч.}$ (рисунок 4) [1].

Для графоаналитического определения коэффициента чувствительности защиты вводится понятие рабочего тока, представляющего векторную сумму в токовых обмотках (плечах) ПМ РЗА с учетом коэффициента выравнивания и используется характеристика срабатывания ДЗШ с торможением в виде $I_{ср.} = f_1(I_{торм.})$.

В той же системе координат наносится зависимость $I_{раб.} = f_2(I_{торм.})$. Рабочий ток $I_{раб.}$ пропорционален току $I_{КЗ}$ в месте повреждения. Ток $I_{КЗ}$ применительно к рисунку 2 образуется из слагаемых $I_{Iп}$ и $I_{IIп}$, проходящих через токовые обмотки плечей ПМ РЗА "Діамант", и поэтому в свою очередь пропорционален $I_{торм.} = 0,5[(I_{IВ})+(I_{IIВ})]$. Таким образом, $I_{раб.}$ пропорционален $I_{торм.}$ и $I_{раб.} = f_2(I_{торм.})$ представляется прямой, проходящей через начало координат.

Металлическому КЗ в защищаемой зоне соответствует $I_{раб.} = I_{КЗлТ}$ и точка К на прямой $I_{раб.} = f_2(I_{торм.})$.

При снижении тока КЗ (например, КЗ через $R_{п.}$ или при первоочередном отключении "сильного" присоединения), соответствующая ему точка скользит по этой прямой. Предельному минимальному току $I_{КЗ\min}$, при котором защита еще срабатывает, соответст-

вует точке $K_ч$ и ордината $I_{ср.ч.}$ пересечения ломаной $I_{ср.}$ с прямой $I_{раб.}$. Коэффициент чувствительности, оценивающий возможность срабатывания защиты при снижении тока $I_{кз}$ определяется поэтому как

$$K_ч = \frac{I_{кз}}{K_{ГТ} I_{ср.ч.}} \quad (8)$$

Указанные соображения применимы при коэффициентах возврата защиты $K_в$ близких к 1,0. При более низких $K_в$ они теряют смысл, поскольку снижение тока возврата защиты служит именно для обеспечения чувствительности в динамике ликвидации КЗ действием ДЗШ.

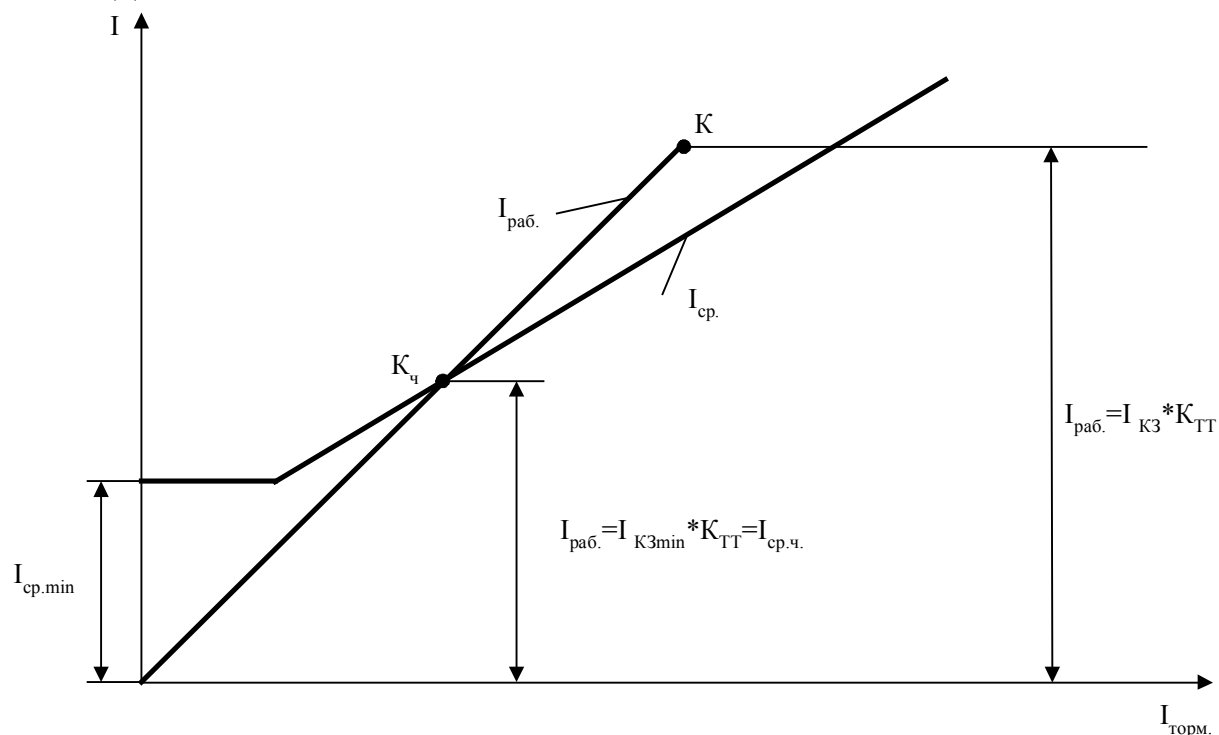


Рисунок 4 – Определение коэффициента чувствительности для ДЗШ с торможением

III ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЗШ И ОЦЕНКА ВЫБРАННЫХ УСТАВОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПЫТОВ КЗ

ПС 330/110 кВ "Винница"

3.1 Коэффициенты трансформаторов тока в плечах ДЗШ

I с.ш.

$K_{тт} = 600/5$ - плечо ВЛ 110 кВ

$K_{тт} = 1500/5$ - плечо АТ-1, ОВ 110 кВ

$K_{тт} = 2500/5$ - плечо ШСВ 110 кВ.

II с.ш.

$K_{тт} = 600/5$ - плечо ВЛ 110 кВ

$K_{тв}=1,33$

$K_{тт} = 2000/5$ - плечо АТ-2*

$K_{тт} = 2000/5$ - плечо ШСВ 110 кВ.

* Примечание: В плече АТ-2 установлен выравнивающий промежуточный трансформатор тока для приведения вторичного тока АТ-2 к общему коэффициенту 1500/5.

За расчетное плечо приняты $K_{тт}=1500/5$ и введены коэффициенты выравнивания вторичных токов плеч:

$K_{\text{выр. линий}} = 0,4$

$K_{\text{выр. АТ-1 (АТ-2*)}} = 1$

$K_{\text{выр. смежной СШ}} = 0,4$

$K_{\text{выр. ШСВ}} = 1,3.$

3.2 Первичный ток срабатывания независимого участка характеристики срабатывания ДЗШ определяем по условию отстройки от максимального тока в плече АТ при разрыве вторичных цепей ДЗШ с учетом возможной двукратной перегрузке АТ (1):

$I_{с.з.п.} \geq K_n I_{\text{нагр. max}}$

Исходя из номинальной мощности автотрансформатора 200 МВА, имеем:

$$I_{с.з.п.} \geq 1,5 * 2 \frac{200 * 10^3}{\sqrt{3} * 115} = 3012 \text{ А.}$$

Вторичный ток срабатывания защиты (уставка)

$$I_{с.з.в.} = \frac{3012}{300} = 10,04 \text{ А.}$$

3.3 Длину независимого участка, характеристики срабатывания – начальный ток торможения определяем по (2):

$I_{y \text{ торм. 1п}} = K_k * I_{\text{max нагр.}}$

$$I_{y \text{ торм. 1п}} = 0,75 \frac{2 * 200 * 10^3}{\sqrt{3} * 115} = 1516 \text{ А}$$

Уставка начального тока торможения

$$I_{y/\text{тор1в}} = \frac{1516}{300} = 5,0 \text{ А.}$$

3.4 Максимально возможный ток небаланса расчетный при внешнем коротком замыкании определяем по (4):

$I_{\text{нб. расч. max}} = K_{\text{апер}} f_i I_{\text{КЗ вн. max}}$

где $K_{\text{апер}} = 1,0$

$f_i = 0,1 + 0,1 + 0,1 = 0,3;$

$I_{\text{КЗ вн. max}} = 17881 \text{ А (по данным ЮЗЭС).}$

f_i суммарная относительная погрешность всех трансформаторов тока (в т.ч. выравнивающих и разделительных) должна складываться, поскольку в плече АТ-2 включены последовательно собственный ТТ 2000/5, выравнивающий ($K_{тт}=1,33$) и

последовательно собственный ТТ 2000/5, выравнивающий ($K_{\text{ТТ}}=1,33$) и разделительный ($K_{\text{ТТ}}=0,4$) трансформаторы

$$I_{\text{нб.расч.махн}}=1,0*0,3*17881=5364 \text{ А}$$

$$I_{\text{нб.расч.махв}}=\frac{5364}{300}=17,88 \text{ А.}$$

3.5 Коэффициент торможения определяем по выражению (6)

$$K_{\text{торм.1}} = \frac{I_{\text{нб.расч.мах}} - I_{\text{с.з.мин}}}{I_{\text{торм.мах}} - I_{\text{у/тор.1}}},$$

где $I_{\text{нб.расч.мах}}$ - из п.3.4;

$I_{\text{с.з.мин}}$ из п.3.2;

$I_{\text{у/тор.1}}$ из п.3.3.

$I_{\text{торм.мах}}$ - определяется из токораспределения при максимальном токе внешнего КЗ.

$$I_{\text{торм.мах}} = \frac{|I_{\text{ЛВ}}| + |I_{\text{ТВ}}| + |I_{\text{ШВ}}|}{2}$$

По данным ЮЗЭС токораспределение при внешнем КЗ в плечах 2 с.ш. составляет

$$I_{\text{лп}}=17881 \text{ А} \quad I_{\text{лв}}^*=59,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{АТ2п}}=7082 \text{ А} \quad I_{\text{тв}}^*=23,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{шп}}=9733 \text{ А} \quad I_{\text{шв}}^*=32,44 \text{ А}$$

$$I_{\text{торм.мах}} = \frac{59,6 + 23,6 + 32,44}{2} = 57,82$$

* Примечание: Вторичные токи приведены к расчетной стороне $K_{\text{ТТ}}=1500/5$

Положительный корень является искомым коэффициентом торможения:

$$K_{\text{торм}} \geq \frac{17,88 - 10,04}{57,82 - 5,0} = \frac{7,84}{52,82} = 0,15; \alpha = 8,53^0.$$

Аналогичным образом могут быть рассчитаны уставки для ДЗШ I с.ш. и пусковых органов.

Литература.

1 А.М. Федосеев. Основы релейной защиты, М.Госэнергоиздат,1961.

2 Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 3. Защита шин 6-220 кВ станций и подстанций. М. Энергия,1976.

3. Базовый проект. ОЭ045.ПБ.01.1-1М. Разработка исходных данных по алгоритмам задач защит генераторов и блочного трансформатора. ЛьвовОРГРЭС.1996.