

УТВЕРЖДАЮ

Главный конструктор
ТОВ "РЗА СИСТЕМЗ"

_____ Милюшин Н.Н.

«_____» _____ 2018 г.

Методические указания

**по выбору уставок дифференциальной защиты
трансформаторов, реализуемой при помощи
устройств РС 830-ДТЗ**

ЕАБР.656122.003 Д1

Киев 2018

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

1	УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
2	ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАВОК.....	4
3	1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА	5
4	2. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫРАВНИВАНИЯ	7
5	3. БЛОКИРОВКА ОТ БРОСКОВ ТОКА НАМАГНИЧИВАНИЯ И ПЕРЕВОЗБУЖДЕНИЯ СТУПЕНИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ С ТОРМОЖЕНИЕМ (ДТ)	8
6	4. НАЧАЛЬНЫЙ ТОК СРАБАТЫВАНИЯ ДТ $I_{до}$	9
7	5. ПАРАМЕТРЫ ТОРМОЖЕНИЯ ДТ	10
8	6. КОЭФФИЦИЕНТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДТ	15
9	7. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ОТСЕЧКА.....	18
10	8. ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ СТУПЕНЕЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ	20
	9. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ОТ НЕБАЛАНСА	20
11	10. ТАБЛИЦА ЗАДАНИЯ УСТАВОК	21
12	ЛИТЕРАТУРА	23

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ЕАБР.656122.003 Д1					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Методические указания по выбору уставок дифференциальной защиты трансформаторов, реализуемой при помощи устройств РС 830-ДТЗ
Пров.					
Т. контр.					
Н. контр.					
Утв.					
					Лит
					Лист
					Листов
					2 24

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$k_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока рассматриваемой стороны силового трансформатора

$I_{мах}$ – максимальный рабочий ток рассматриваемой стороны трансформатора

$U_{ср}$ – номинальное напряжение в среднем положении РПН рассматриваемой стороны трансформатора

$K_{вр\ вн}$ – коэффициент выравнивания стороны высшего напряжения

$K_{вр\ сн}$ – коэффициент выравнивания стороны среднего напряжения

$K_{вр\ нн}$ – коэффициент выравнивания стороны низшего напряжения

$K_{сх}^{(3)}$ – коэффициент схемы соединения трансформаторов тока и реле

$I_{т0}$ – начальный ток торможения 2ст защиты

$K_{вн} (сн, нн)$ – коэффициент участия тока стороны ВН (СН, НН) в токе торможения

$I_{т\ огр}$ – уставка ограничения тока торможения 2ст защиты

$I_{2\ к\ МАХ}$ – максимальный из вторичных сквозных токов КЗ сторон ВН, СН, НН на который реагирует устройство

$I_{2\ к\ min}$ – минимальный из вторичных токов КЗ сторон ВН, СН, НН в конце зоны защиты на который реагирует устройство

$I_{огр}$ – ток срабатывания 2ст защиты в точке ограничения торможения

$I_{нб}$ – ток небаланса

$I_{нб}'$ – составляющая небаланса, вызванная погрешностями трансформаторов тока

$I_{нб}''$ – составляющая небаланса, вызванная изменениями коэффициента трансформации трансформатора при работе РПН

$I_{нб}'''$ – составляющая баланса, вызванная неточностью выравнивания выбранных коэффициентов трансформации трансформаторов тока

ε – относительная погрешность трансформаторов тока

$\Delta U_{РПН}$ – половина диапазона регулирования РПН в относительных единицах

$K_{ч\ дзт}$ – коэффициент чувствительности 2 ст. дифференциальной защиты

$I_{т\ ч}$ – ток торможения, при котором определяется коэффициент чувствительности, при повреждении в зоне защиты

$I_{д\ ср\ ч}$ – ток срабатывания защиты в точке характеристики, в которой определяется коэффициент чувствительности

k_t – уставка коэффициента торможения в относительных единицах

$I_{д\ отс}$ – уставка тока срабатывания дифференциальной отсечки (1ст)

$I_{д\ ср\ ч\ отс}$ – ток срабатывания дифференциальной отсечки в точке определения ее коэффициента чувствительности.

$K_{ч\ отс}$ – коэффициент чувствительности отсечки.

Име. № подп
Подп. и дата
Име. № дубл.
Взам. име. №
Подп. и дата
Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЕАБР.656122.003 Д1

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАВОК

Перед определением уставок необходимо выбрать коэффициенты трансформации трансформаторов тока (если они еще не выбраны). Коэффициенты трансформации трансформаторов тока и коэффициенты выравнивания плеч защиты начинают выбирать с максимально загруженной (100%) стороны защищаемого трансформатора, принимаемой за основную.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № инв.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕАБР.656122.003 Д1	Лист
													4

1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

1.1. Коэффициенты трансформации трансформаторов тока для основной стороны силового трансформатора $n_{тт о}$, если они еще не выбраны и отсутствуют другие соображения (например ограничения относительно допустимого значения вторичного тока), принимаются минимально возможными в соответствии с выражением:

$$n_{тт о} \geq \frac{K_{сх о}^{(3)} I_{мах о}}{I_{ном о}} \quad (1)$$

где:

- $K_{сх о}^{(3)}$ – коэффициент схемы соединения трансформаторов тока и реле (токовых входов устройства) в трехфазном режиме на основной стороне;
- $I_{мах о}$ – максимально рабочий ток (первичное значение) основной стороны, А;
- $I_{ном о}$ – номинальный вторичный ток трансформаторов тока основной стороны (обычно 5 А).

При соединении ТТ и токовых входов в звезду $K_{сх о}^{(3)} = 1$. При соединении ТТ в треугольник, а токовых входов в звезду $K_{сх о}^{(3)} = \sqrt{3}$.

1.2. Коэффициенты трансформации трансформаторов тока для любой другой (кроме основной) стороны защищаемого трансформатора $n_{тт}$ определяются по условию максимального приближения вторичного тока указанной стороны к току основной стороны при сквозных токах через защищаемый трансформатор в соответствии с выражением:

$$n_{тт} \approx n_{тт о} \frac{U_{ср о} K_{сх}^{(3)}}{U_{ср} K_{сх о}^{(3)}} \quad (2)$$

где:

- $K_{сх}^{(3)}$ - коэффициент схемы соединения трансформаторов тока и реле (токовых входов устройства) на рассматриваемой стороне защищаемого трансформатора в трехфазном режиме;
- $K_{сх о}^{(3)}$ - коэффициент схемы соединения трансформаторов тока и реле (токовых входов устройства) на основной стороне защищаемого трансформатора в трехфазном режиме;
- $U_{ср о}$ – номинальное напряжение (в среднем положении РПН) основной стороны защищаемого трансформатора;
- $U_{ср}$ – номинальное напряжение (в среднем положении РПН) рассматриваемой стороны защищаемого трансформатора;

$n_{тт}$ для каждой из сторон защищаемого трансформатора принимаются ближайшими к расчетным по выражению 2 и проверяются на отсутствие перегрузки входов терминала РЗА максимальным рабочим током этой стороны в соответствии с выражением

ЕАБР.656122.003 Д1

Лист

5

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$n_{тт} \geq \frac{K_{сх}^{(3)} I_{\max}}{I_{\text{ном}}}$$

где:

- I_{\max} – максимальный первичный ток трансформаторов тока на рассматриваемой стороне защищаемого трансформатора;
- $I_{\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток трансформаторов тока.

Име. № подл		Подп. и дата		Взам. инв. №		Име. № дубл.		Подп. и дата		Подп. и дата	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕАБР.656122.003 Д1						Лист
											6

2. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫРАВНИВАНИЯ

2.1. Коэффициент выравнивания основной стороны $K_{вр о}$ (уставка – диапазон от 0,25 до 4 с шагом 0,01), если отсутствуют другие соображения, может быть принят равным единице.

2.2. Коэффициенты выравнивания остальных сторон при принятых значениях $K_{вр о}$, $n_{тт о}$ основной стороны и $n_{тт}$ рассматриваемой стороны определяются в соответствии с выражением:

$$K_{вр} = K_{вр о} \frac{K_{сх о}^{(3)} n_{тт} U_{ср}}{K_{сх}^{(3)} n_{тт о} U_{ср о}} \quad (3)$$

Точный выбор уставки $K_{вр}$ в соответствии с выражением (3) является обязательным, поэтому в случае невозможности выполнения условий (3) для какой то из сторон, например за счет выхода рассчитанного значения $K_{вр}$ за диапазон уставок, принятое значение $K_{вр о}$ может быть соответственно скорректировано с последующим пересчетом значения $K_{вр}$ для рассматриваемой стороны.

2.3. Отличие принятых уставок по коэффициентам выравнивания $K_{вр у}$ по отношению к их расчетным значениям $K_{вр}$ по выражению (3) определяет относительную погрешность вычисления дифференциального тока δI_D

$$\delta I_D = \frac{K_{вр у} - K_{вр}}{K_{вр у}} \quad (4)$$

При правильном выборе уставок по коэффициентам выравнивания указанная относительная погрешность для каждой из принятых двух уставок коэффициентов выравнивания не должна превышать значение 0,01.

Име. № подл	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №	Подп. и дата
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЕАБР.656122.003 Д1

3. БЛОКИРОВКА ОТ БРОСКОВ ТОКА НАМАГНИЧИВАНИЯ И ПЕРЕВОЗБУЖДЕНИЯ СТУПЕНИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ С ТОРМОЖЕНИЕМ (ДТ)

3.1. Уставку тока второй гармоники (по отношению к первой) для блокировки бросков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора I_2 бл (уставка – диапазон от 5% до 50% с шагом 1%) – рекомендуется принять 12-15%. Типовое значение этой величины в некоторых зарубежных устройствах составляет 12 % (л.6).

3.2. Уставку тока пятой гармоники (по отношению к первой) для предотвращения излишнего срабатывания за счет повышения тока намагничивания силового трансформатора от перевозбуждения (значительно повышенного по сравнению с номинальным первичного напряжения) I_5 бл (уставка – диапазон от 5% до 20% с шагом 1%) – рекомендуется принять 10%.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № инв.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕАБР.656122.003 Д1	Лист
													8

4. НАЧАЛЬНЫЙ ТОК СРАБАТЫВАНИЯ ДТ $I_{до}$

Уставка начального тока срабатывания $I_{до}$ (2ст защиты, **уставка** – диапазон от 0,5А до 5А с шагом 0,01А) выбирается по условию отстройки от броска тока намагничивания. При наличии временно-импульсного принципа отстройки от апериодической составляющей (как в реле ДЗТ-21 или ЯРЭ 2201) или блокировки по второй гармонике как в нашем устройстве, указанную уставку рекомендуется принимать с коэффициентом 0,3 по отношению к номинальному току стороны трансформатора, рассчитанной на его полную нагрузку (100%) – основной стороны трансформатора – $I_{но}$ (л.2, л.3). При этом учитываются принятые значения коэффициента трансформации трансформаторов тока $n_{тто}$, коэффициента выравнивания $K_{вр}$ и коэффициента схемы $K_{сх}$ основной стороны. На рис.1. красной утолщенной линией показан участок начального тока срабатывания $I_{до}$.

$$I_{до} = 0,3 K_{вр} K_{сх} n_{тто} I_{но} \quad (5)$$

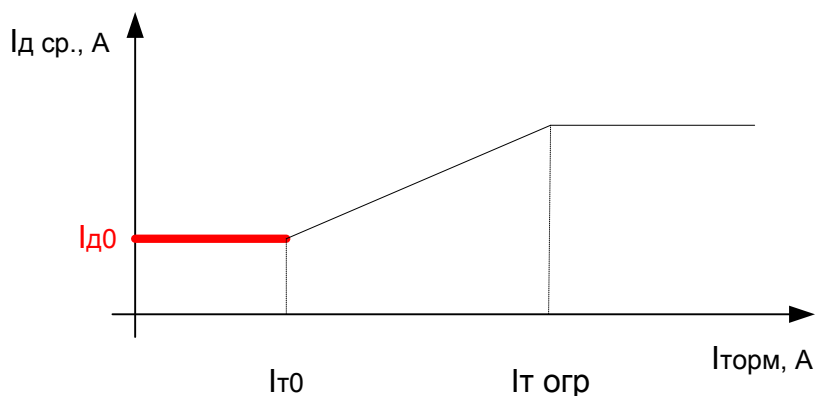


Рис.1.

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЕАБР.656122.003 Д1

5. ПАРАМЕТРЫ ТОРМОЖЕНИЯ ДТ

5.1. Вторичные токи $I_2 K$, на которые реагирует устройство, при сквозных токах КЗ I_k (первичное значение) на шинах стороны трансформатора ВН, СН, или НН (рис. 2),

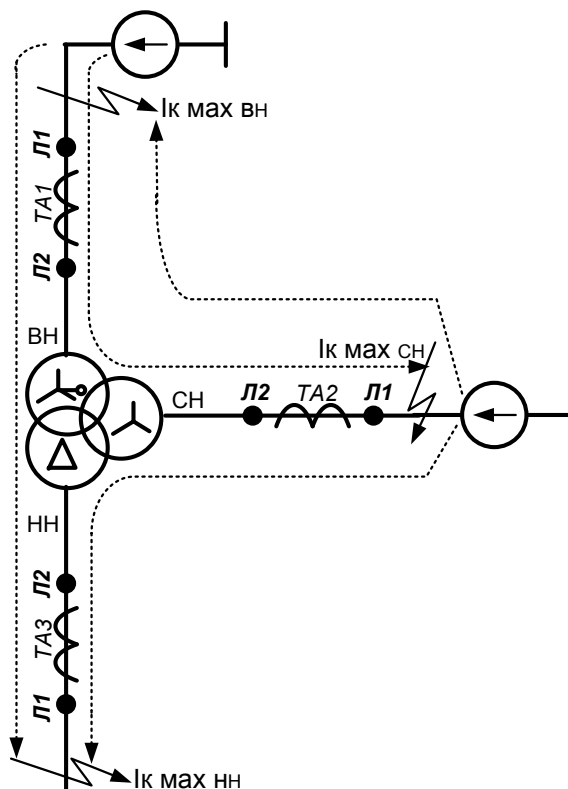


Рис.2

определяются собственно этими токами КЗ, значениями коэффициентов схемы в трехфазном режиме $K_{сх}^{(3)}$, коэффициентов выравнивания $K_{вр}$ и коэффициентов трансформации трансформаторов тока $n_{тт}$ рассматриваемой стороны трансформатора в соответствии с выражениями

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{2 K \text{ ВН}} = (I_k K_{сх}^{(3)} K_{вр} / n_{тт}) \text{ВН}; \\ I_{2 K \text{ СН}} = (I_k K_{сх}^{(3)} K_{вр} / n_{тт}) \text{СН}; \\ I_{2 K \text{ НН}} = (I_k K_{сх}^{(3)} K_{вр} / n_{тт}) \text{НН}. \end{array} \right. \quad (6)$$

5.2. Коэффициенты $K_{вн}$, $K_{сн}$ и $K_{нн}$ участия токов сторон ВН, СН и НН в токе торможения (уставки – диапазон от 0 до 1 с шагом 0,01) рекомендуется принимать следующим образом.

5.2.1. Для трансформаторов с наличием питания только с одной стороны, так чтобы со стороны питания торможение отсутствовало, а токи торможения с двух других сторон

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

распределялись между ними пропорционально токам, на которые реагирует устройство, при КЗ на этих сторонах. Так для трансформатора с питанием со стороны ВН:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{ВН}=0; \\ K_{СН}= I_{2 К СН} / (I_{2 К СН} + I_{2 К НН}); \\ K_{НН}= I_{2 К НН} / (I_{2 К СН} + I_{2 К НН}), \end{array} \right. \quad (7)$$

где $I_{2 К СН}$, $I_{2 К НН}$ – максимальные сквозные токи КЗ по выражениям (6) для КЗ на стороне СН и НН соответственно.

5.2.2. Для трансформаторов с наличием питания с нескольких сторон так, что бы токи торможения от каждой из сторон трансформатора распределялись между ними пропорционально максимальным токам КЗ, на которые реагирует устройство, при сквозном КЗ на шинах соответствующей стороны трансформатора:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{ВН}= I_{2 К ВН} / (I_{2 К ВН} + I_{2 К СН} + I_{2 К НН}); \\ K_{СН}= I_{2 К СН} / (I_{2 К ВН} + I_{2 К СН} + I_{2 К НН}); \\ K_{НН}= I_{2 К НН} / (I_{2 К ВН} + I_{2 К СН} + I_{2 К НН}), \end{array} \right. \quad (8)$$

где $I_{2 К ВН}$, $I_{2 К СН}$, $I_{2 К НН}$ – максимальные сквозные токи КЗ по выражениям (6) для КЗ на стороне ВН, СН и НН соответственно.

5.3. Для определения параметров торможения выбирают режим сквозного КЗ (рис.2) на одной из сторон трансформатора (ВН, СН или НН) с максимальным из вторичных значений тока, на который реагирует устройство по выражениям (6)

$$I_{2 К МАХ} = (I_{к К_{СХ}})^{(3)} K_{вр} / n_{тт})_{мах}. \quad (9)$$

Этот режим будем называть максимальным режимом. Токи, на которые реагирует устройство на сторонах ВН, СН и НН в максимальном режиме обозначим

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{2 К ВН МАХ}; \\ I_{2 К СН МАХ}; \\ I_{2 К НН МАХ}. \end{array} \right. \quad (10)$$

Сторону трансформатора (ВН, СН или НН) с максимальным из вторичных значений сквозных токов КЗ в максимальном режиме согласно выражениям (10) назовем базисной стороной. Вторичный ток, на который реагирует устройство при КЗ на базисной стороне в максимальном режиме:

$$I_{2 К МАХ Б} = (I_{2 К ВН МАХ}, I_{2 К СН МАХ}, I_{2 К НН МАХ})_{мах} = I_{к Б К_{СХ Б}})^{(3)} K_{вр Б} / n_{тт Б}. \quad (11)$$

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5.4. Уставка ограничения тока торможения $I_{т\text{огр}}$ (2ст защиты, уставка – диапазон от 10А до 80А с шагом 0,1А) выбирают по параметрам максимального сквозного тока КЗ в конце зоны защиты, на который реагирует устройство, для базисной стороны:

$$I_{т\text{огр}} = I_{2\text{к макс б}} = I_{к б} K_{сх б}^{(3)} K_{вр б} / n_{тт б}. \quad (12)$$

На рис.3. красной утолщенной линией показан участок ограничения тока торможения, начинающийся со значения $I_{т\text{огр}}$.

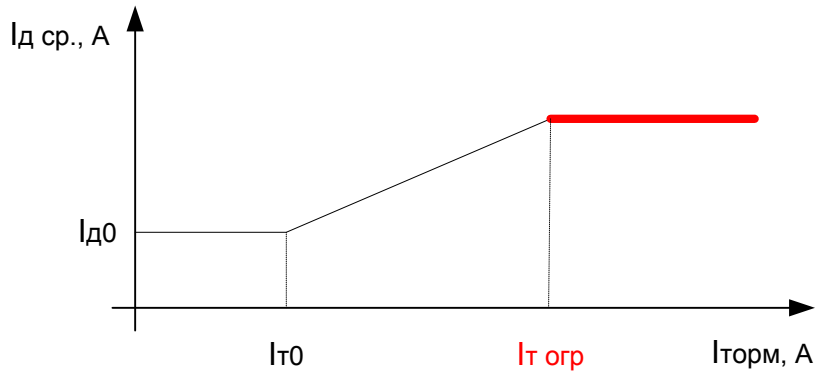


Рис.3.

5.5. Ток срабатывания 2ст защиты в точке ограничения тока торможения $I_{огр}$ (рис.4) определяется с учетом отстройки от тока небаланса $I_{нб б}$ в максимальном режиме на базисной стороне:

$$I_{огр} = \frac{K_{н} K_{сх б}^{(3)} K_{вр б} I_{нб б}}{n_{тт б}} \quad (13)$$

где k_n – коэффициент надёжности отстройки, который учитывает погрешности защиты и необходимый запас надежности, $k_n=1,2$.

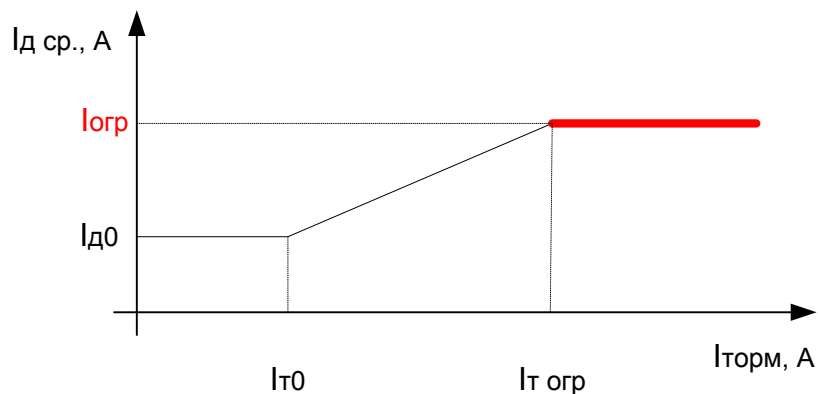


Рис.4.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

5.6. Ток небаланса $I_{нб б}$ (приведенный к напряжению базисной стороны трансформатора) определяется тремя составляющими:

$$I_{нб б} = I_{нб б}' + I_{нб б}'' + I_{нб б}''', \quad (14)$$

5.6.1. Составляющая небаланса $I_{нб б}'$, вызванная погрешностями трансформаторов тока:

$$I_{нб б}' = K_{ап} K_{одн} \varepsilon I_{к б макс}, \quad (15)$$

где: $K_{ап}$ – коэффициент, который учитывает повышение погрешности за счет апериодической составляющей и переходного режима, при наличии средств отстройки от небаланса в переходном режиме (в нашем случае блокировка по второй гармонике) $K_{ап}=1$ (л.5);

$K_{одн}$ – коэффициент однотипности условий работы трансформаторов тока, в случае обтекания трансформаторов тока близкими по значению вторичными токами при сквозном КЗ $K_{одн}=0,5$, в других случаях $K_{одн}=1$ (л.2);

ε – относительная погрешность трансформаторов тока, с учетом требования проверки трансформаторов тока в режиме КЗ на 10% погрешность, принимается $\varepsilon = 0,1$;

$I_{к б макс}$ – максимальный первичный ток при сквозном КЗ на базисной стороне в максимальном режиме.

5.6.2. Составляющая небаланса $I_{нб б}''$ вызванная изменениями коэффициента трансформации трансформатора при работе РПН:

$$I_{нб б}'' = \Delta U_{РПН} I_{к б макс}, \quad (16)$$

где $\Delta U_{РПН}$ – половина диапазона регулирования РПН в относительных единицах.

5.6.3. Составляющая небаланса $I_{нб б}'''$ вызванная неточностью выравнивания выбранных коэффициентов трансформации трансформаторов тока:

$$I_{нб б}''' = \delta I_{д} I_{к б макс}, \quad (17)$$

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

При выборе уставок $K_{вр в}$, $K_{вр с}$, $K_{вр н}$, такими, которые точно отвечают выражению (3), эта составляющая отсутствует. При полученном значении δI_d по выражению (4) меньше 0,01, что обычно имеет место при расчетах по этой методике и реальной дискретности задания коэффициентов выравнивания, указанной составляющей можно пренебречь.

5.7. Коэффициент торможения K_T (уставка – диапазон от 0 до 0,9 с шагом 0,01)

$$K_T = I_{огр} / I_{т огр}, \quad (18)$$

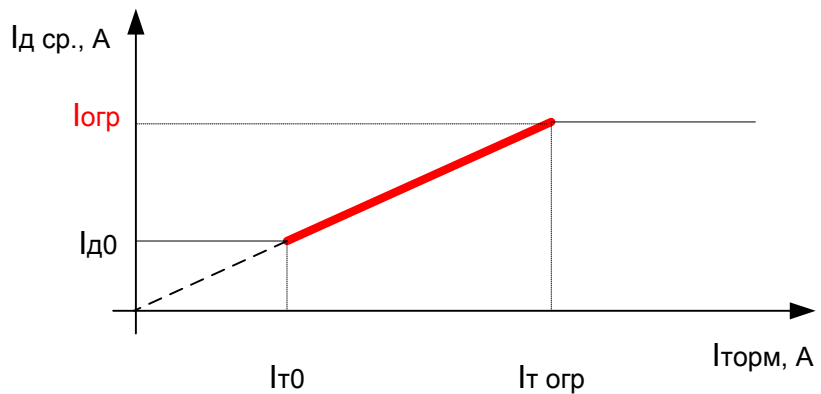


Рис.5.

На рис.5. красной утолщенной линией показан наклонный участок торможения.

5.8. Для того, что бы условие отстройки от небаланса в каждой точке наклонного участка тормозной характеристики выполнялось так же как в расчетной точке с координатами $[I_{т огр}, I_{огр}]$, выберем значение уставки $I_{т0}$ так, что бы продолжение наклонного участка тормозной характеристики проходило через начало координат:

$$I_{т0} = I_{д0} / K_T. \quad (19)$$

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

6. КОЭФФИЦИЕНТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДТ

Для определения коэффициента чувствительности выбирают режим и сторону трансформатора с минимальным значением вторичного тока, на который реагирует устройство при КЗ в конце зоны защиты (рис. 6):

$$I_2 \text{ к min} = (I_k K_{сх}^{(3)} K_{вр} / n_{тТ}) \text{ min.} \quad (20)$$

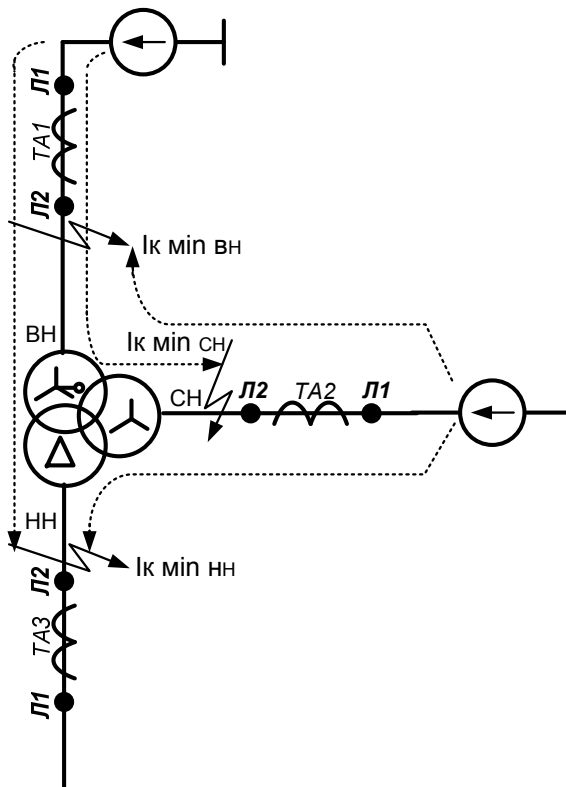


Рис.6

Этот режим будем называть минимальным режимом. Вторичные токи, на которые реагирует устройство на сторонах ВН, СН и НН в конце зоны защиты в минимальном режиме обозначим

$$\left\{ \begin{array}{l} I_2 \text{ к ВН min;} \\ I_2 \text{ к СН min;} \\ I_2 \text{ к НН min.} \end{array} \right. \quad (21)$$

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп	Ине. инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Обращаем внимание, что токи по выражениям 20 это не токи при КЗ на сторонах ВН, СН и НН трансформатора, а токи, которыми обтекаются указанные стороны в минимальном режиме, т.е. при КЗ на одной из сторон, КЗ на которой соответствует минимальному режиму.

Токи по выражениям 21 используются для определения тока торможения в минимальном режиме.

6.1.Ток торможения, соответствующий минимальному режиму, при котором определяется коэффициент чувствительности, выражается через токи сторон трансформатора по выражениям 21:

$$I_{т ч} = K_{вн} I_{2 к в н \min} + K_{сн} I_{2 к с н \min} + K_{нн} I_{2 к н н \min} \quad (22)$$

На пересечении $I_{д ср ч}$ и $I_{т ч}$ (рис.7., рис.8.)показана точка, для которой определяется коэффициент чувствительности.

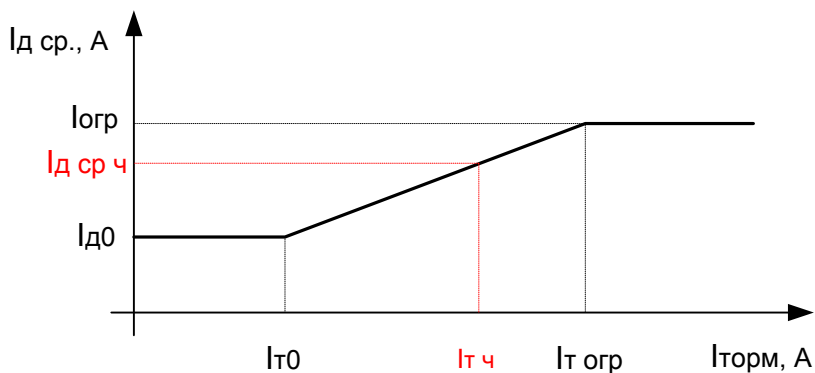


Рис.7.

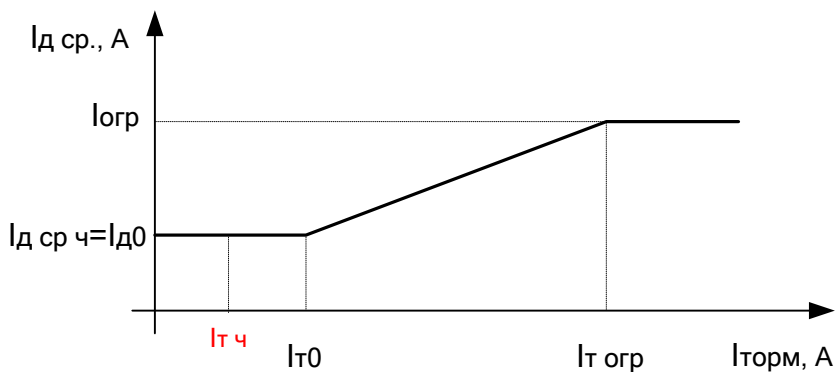


Рис.8.

6.2.Ток срабатывания защиты в точке характеристики, в которой определяется коэффициент чувствительности, рассчитывается в соответствии со следующим выражением:

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$I_{д ср ч} = I_{д0} + k_T (I_{Т ч} - I_{Т0}), \text{ если } I_{Т ч} \geq I_{Т0} \text{ (рис.7),}$$

иначе

$$I_{д ср ч} = I_{д0} \text{ (рис.8),} \quad (23)$$

где k_T – коэффициент торможения в относительных единицах.

6.3. Дифференциальный ток, на который реагирует защита в минимальном режиме, будет совпадать с током КЗ в конце зоны защиты в минимальном режиме:

$$I_{д ч} = I_2 \text{ к min} = (I_k K_{сх}^{(3)} K_{вр} / n_{тт}) \text{ min} . \quad (24)$$

Следует иметь в виду, что в выражении (24) ток, на который реагирует устройство в минимальном режиме, может иметь место не в трехфазном режиме, но коэффициент схемы всегда должен использоваться для трехфазного режима. Это связано с тем, что изменение коэффициента схемы при изменении вида КЗ компенсируется соответствующими изменениями условий трансформации токов КЗ в защищаемом трансформаторе с группой соединений, для которой выполняется соответствующее соединение трансформаторов тока.

6.4. Коэффициент чувствительности 2 ст. защиты

$$K_{ч дзт} = \frac{I_{д ч}}{I_{д ср ч}} . \quad (25)$$

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № докум.	Лист	ЕАБР.656122.003 Д1	Лист
								17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

7. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ОТСЕЧКА

7.1. Уставка тока срабатывания дифференциальной отсечки $I_{д\ отс}$ (1-я ст, уставка – диапазон от 5А до 60А с шагом 0,01А) выбирается по условию отстройки от полного значения броска тока намагничивания. При этом ток срабатывания отсечки принимается равным 3-4 номинального тока стороны трансформатора, рассчитанной на его полную нагрузку (100%) – основной стороны трансформатора – $I_{н\ о}$ (л.1). Выбирая середину указанного диапазона (значение 3,5) аналогично выражению (5), уставка тока срабатывания дифференциальной отсечки

$$I_{д\ отс} = 3,5 \cdot K_{отс} \cdot I_{н\ о} \cdot n_{т\ т\ о} \quad (26)$$

7.2. При выбранном значении тока срабатывания ДО, она оказывается отстроенной по уровню от броска тока намагничивания и небаланса вызванного перевозбуждением, поэтому с целью предотвращения замедления действия ДО для нее блокировка по второй и пятой гармонике не вводится.

7.3. Коэффициент чувствительности дифференциальной отсечки $K_{ч\ отс}$ определяется по ее току срабатывания в той же точке, что и $K_{ч\ дзт}$ (рис.9)

$$K_{ч\ отс} = \frac{I_{д\ ч}}{I_{д\ отс}} \quad (27)$$

где $I_{д\ ч}$ – тот ток, который используется при определении коэффициента чувствительности $K_{ч\ дзт}$ и определяется в соответствии с выражением (24).

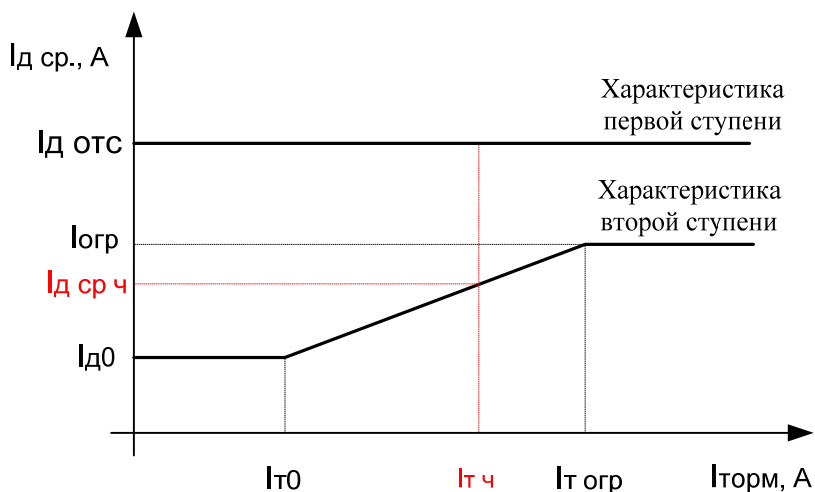


Рис.9.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Следует отметить, что в отличие от распространенной точки зрения, что дифференциальная отсечка должна использоваться при коэффициенте чувствительности больше 2 (л.2), отсечку устройства РС830-ДТЗ целесообразно вводить в действие даже при коэффициенте чувствительности меньше единицы. Это объясняется тем, что в таком случае отсечка обеспечит охват более эффективной быстродействующей защитой хотя бы часть трансформатора, а затрат на ее применение никаких не нужно, поскольку она выполнена комплексно в составе другой защиты.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЕАБР.656122.003 Д1

8. ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ СТУПЕНЕЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Время срабатывания ступеней $T_{до}$ (уставка – диапазон от 0 до 1сек с шагом 0,01сек) и $T_{дт}$ (уставка – диапазон от 0 до 1сек с шагом 0,01сек) дифференциальной защиты в случае использования РС830-ДТЗ как основной защиты трансформатора рекомендуется ставить $T=0с$. Для других особых случаев использования терминала РС830-ДТЗ можно вводить задержку по времени срабатывания.

9. Дифференциальная защита от небаланса

9.1. Ток срабатывания ступени дифференциальной защиты от небаланса выбирается по условию согласования по чувствительности со второй ступенью дифзащиты (ДТ)

$$I_{д\ нб} = K_n I_{огр},$$

где:

- K_n – коэффициент надежности, $K_n=1,2$;

- $I_{огр}$ – ток срабатывания второй ступени в точке ограничения торможения, определяется по пункту 5.5.

9.2. Время срабатывания ступени дифференциальной защиты от небаланса выбирается по условию отстройки от времени действия ступеней ДО и ДТ:

$$T_{д\ нб} \geq T_{ср\ дт} + \Delta T;$$

$$T_{д\ нб} \geq T_{ср\ до} + \Delta T;$$

где:

$T_{ср\ до}$, $T_{ср\ дт}$ – время срабатывания дифференциальной отсечки и дифференциальной защиты с торможением;

ΔT – степень селективности, $\Delta T=1с$.

В качестве времени срабатывания ДО может быть принята ее уставка по времени. В качестве времени срабатывания ДТ должно приниматься большее из времен – уставка ДТ или время затухания броска тока намагничивания. Увеличенное до 1с значение ступени селективности принимается с целью компенсации погрешности определения времени затухания броска тока намагничивания.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЕАБР.656122.003 Д1

10. ТАБЛИЦА ЗАДАНИЯ УСТАВОК

Для упрощения процесса наладки рекомендуется по окончанию расчета все данные внести в таблицу, форма которой приведена ниже. В данной таблице прописаны все уставки и параметры, которые относятся к дифференциальной защите.

Уставки дифференциальной защиты

Наименование уставки	Диапазон
Разрешение работы дифференциальной отсечки (ДО)	Вкл, Откл
Тестовый (однофазный) режим работы ДО	Откл, Вкл ф.А, Вкл ф.В, Вкл ф.С
Разрешение работы дифференциальной защиты с торможением (ДТ)	Вкл, Откл
Тестовый (однофазный) режим работы ДТ	Откл, Вкл ф.А, Вкл ф.В, Вкл ф.С
Группа соединений защищаемого трансформатора	0/0, 0/11, 11/11
Коэффициент выравнивания стороны ВН	0,25-4, шаг 0,01
Коэффициент выравнивания стороны СН	0,25-4, шаг 0,01
Коэффициент выравнивания стороны НН	0,25-4, шаг 0,01
Ток срабатывания дифотсечки $I_{д0}$ отс, А	5-60, шаг 0,1
Начальный ток срабатывания дифференциальной защиты с торможением $I_{д0}$, А	0,5-5, шаг 0,01
Начальный ток торможения $I_{т0}$, А	1,5-4, шаг 0,01
Коэффициент торможения k_t , о.е.	0-0,9, шаг 0,01
Коэффициент участия тока стороны ВН в токе торможения $K_{вн}$, о.е.	0-1, шаг 0,01
Коэффициент участия тока стороны СН в токе торможения $K_{сн}$, о.е.	0-1, шаг 0,01
Коэффициент участия тока стороны НН в токе торможения $K_{нн}$, о.е.	0-1, шаг 0,01
Ток ограничения торможения I_t огр, А	10-80, шаг 1
Уставка по времени ДО, с	0-1, шаг 0,01
Уставка по времени ДТ, с	0-1, шаг 0,01
Блокировка и ДО по второй гармонике от броска тока намагничивания	Вкл, Откл
Ток блокировки ДО по второй гармонике дифференциального тока I_2 бл до, % от максимального значения первой гармоники токов трех фаз.	5-50, шаг 1
Блокировка ДО по пятой гармонике от перевозбуждения	Вкл, Откл
Ток блокировки ДО по пятой гармонике дифференциального тока I_5 бл до, % от максимального значения первой гармоники токов трех фаз.	5-20, шаг 1
Блокировка ДТ по второй гармонике от броска тока намагничивания	Вкл, Откл

Име. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
Име. № дубл.	Подп. и дата
	Име. № инв.
Име. № подл	Подп. и дата
	Име. № инв.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЕАБР.656122.003 Д1

Ток блокировки ДТ по второй гармонике дифференциального тока I2 бл дт, % от максимального значения первой гармоники токов трех фаз.	5-50, шаг 1
Блокировка ДТ по пятой гармонике от перевозбуждения	Вкл, Откл
Ток блокировки ДТ по пятой гармонике дифференциального тока I5 бл дт, % от максимального значения первой гармоники токов трех фаз.	5-20, шаг 1
Разрешение работы дифзащиты от небаланса (ДН)	Вкл, Откл
Ток срабатывания дифзащиты от небаланса Iдн, А	0,05-20, шаг 0,01
Уставка по времени срабатывания дифзащиты от небаланса Тдн, с	0-20, шаг 0,01

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЕАБР.656122.003 Д1

Лист

22

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабад М.А.. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Ленинград, «Энергоатомиздат», 1985.
2. Беркович М.А. и др. Основы техники релейной защиты. М. Энергоатомиздат, 1984.
3. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. Учебник для вузов. М. «Энергия», 1976.
4. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. М. ВГПИ и НИИ «Сельэнергопроект», 1978, декабрь.
5. Руководящие указания по релейной защите, выпуск 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов 110-500 кВ. Расчеты. М. «Энергоатомиздат», 1985.
6. Рекомендации по выбору уставок защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна ALSTOM, 2000.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № докум.	Лист	ЕАБР.656122.003 Д1	Лист

