

РАСЧЁТНАЯ ЗАПИСКА

Расчёт уставок и проверка чувствительности релейной защиты

Объект: Учебный фидер 10 кВ (ПС-1, ф.5)

Дата: 29.10.2026

1. Исходные данные по аппаратам

В таблице 1.1 приведены устройства защиты и трансформаторы тока. В таблице 1.2 указаны исходные уставки по сторонам аппаратов. Токи уставок приведены к первичной стороне трансформаторов тока; «Ст.» означает сторону аппарата.

Таблица 1.1 – Устройства релейной защиты

Аппарат	Тип реле	ТТ	Направленность
СВ_Q1	МПЗ	100/5	Ненаправленная
СВ_Q2	МПЗ	100/5	Ненаправленная

Таблица 1.2 – Исходные уставки релейной защиты

Аппарат	Ст.	I ТО, А	t ТО, с	I МТЗ, А	t МТЗ, с
СВ_Q1	1	3200	0	250	0,9
СВ_Q2	1	1500	0	160	0,5

2. Рассматриваемые режимы и расчётные схемы

Рассмотрено режимов: 1. Их перечень и аппараты, участвующие в каждом режиме, приведены в таблице 2.1. Обозначения P1...P1 используются в расчёте по аппаратам и в сводных таблицах.

Таблица 2.1 – Рассматриваемые режимы

Обозн.	Режим	Аппараты режима
P1	Нормальный режим ф. 5 ПС -1	СВ_Q1; СВ_Q2

Схема сети с принятыми уставками защит приведена на рисунке 2.1: у каждого выключателя указаны ток срабатывания и выдержка времени МТЗ и ТО.

Расчётные схемы режимов приведены на рисунке 2.2. Над аппаратом указаны тип устройства и принятые уставки МТЗ и ТО (ток срабатывания и выдержка времени), под аппаратом – расчётные токи КЗ и ступени селективности по времени относительно вышестоящей защиты.

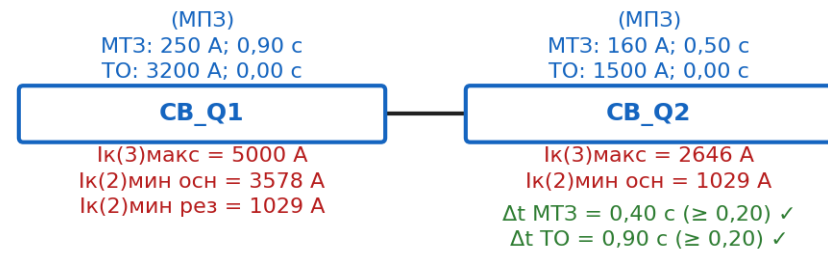


Рисунок 2.2 – Расчётная схема режима Р1 «Нормальный режим ф. 5 ПС -1»

3. Методика проверки

Проверяются принятые уставки защит (если принятая уставка не задана, исходная) при токах КЗ каждого режима таблицы 2.1: чувствительность ТО, чувствительность МТЗ в основной и резервной зонах и согласование по времени с вышестоящей защитой.

Коэффициент чувствительности токовой отсечки линии (ТЭР, п. 6.1.3.1) определяется по формуле:

$$K_{\text{ч.ТО}} = I_{\text{к.макс}}^{(3)} / I_{\text{с.з.ТО}} \geq K_{\text{ч.ТО.норм}} \quad (1)$$

где $I_{\text{к.макс}}^{(3)}$ – максимальный ток трёхфазного КЗ в месте установки защиты, А;
 $I_{\text{с.з.ТО}}$ – принятый первичный ток срабатывания ТО, А;
 $K_{\text{ч.ТО.норм}}$ – нормированный коэффициент чувствительности, для линии 1,2.

Для ТО трансформатора или двигателя норматив равен 2,0 и проверяется по току $I(2)_{\text{min}}$ в месте установки. Ток конца основной зоны его не заменяет, поэтому такое условие требует отдельного расчёта и отмечается как непроверенное.

Коэффициенты чувствительности МТЗ (ТЭР, п. 6.1.3.4) в основной и резервной зонах определяются по формулам (2) и (3); резервная зона проверяется, если в режиме у аппарата есть нижестоящие защиты:

$$K_{\text{ч.МТЗ.осн}} = I_{\text{к.мин.осн}}^{(2)} / I_{\text{с.з.МТЗ}} \geq 1,5 \quad (2)$$

$$K_{\text{ч.МТЗ.рез}} = I_{\text{к.мин.рез}}^{(2)} / I_{\text{с.з.МТЗ}} \geq 1,2 \quad (3)$$

где $I_{\text{к.мин.осн}}^{(2)}$ – минимальный ток двухфазного КЗ в конце основной зоны защиты, А;

$I_{\text{к.мин.рез}}^{(2)}$ – минимальный ток двухфазного КЗ в конце зоны резервирования, А;

$I_{\text{с.з.МТЗ}}$ – принятый первичный ток срабатывания МТЗ, А.

Согласование по времени с вышестоящей защитой проверяется по условию:

$$\Delta t = t_{с.з.выш} - t_{с.з.ниж} \geq \Delta t_{\text{треб}} \quad (4)$$

где $t_{с.з.выш}$ – выдержка времени МТЗ вышестоящей защиты, с;

$t_{с.з.ниж}$ – выдержка времени МТЗ или ТО проверяемой защиты, с;

$\Delta t_{\text{треб}}$ – ступень селективности для сочетания типов устройств защиты,

с.

4. Расчёт по аппаратам

Для каждого аппарата приведены расчётные токи КЗ по режимам, подстановка в формулы (1)–(4) и вывод. Обозначения режимов приняты по таблице 2.1.

4.1. СВ_Q1

Устройство МПЗ, трансформатор тока 100/5, ненаправленная.

Принятые уставки: ТО – 3200 А, 0 с; МТЗ – 250 А, 0,9 с.

Расчётные токи КЗ в режимах, где участвует аппарат, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчётные токи КЗ, аппарат СВ_Q1

Режим	$I_{к(3)макс}, А$	$I_{к(2)мин осн}, А$	$I_{к(2)мин рез}, А$
P1	5000	3578	1029

Токовая отсечка (формула 1)

P1: $K_{ч.ТО} = 5000 / 3200 = 1,56 \geq 1,2$ – условие выполняется.

МТЗ, основная зона (формула 2)

P1: $K_{ч.МТЗ.осн} = 3578 / 250 = 14,31 \geq 1,5$ – условие выполняется.

МТЗ, резервная зона (формула 3)

P1: $K_{ч.МТЗ.рез} = 1029 / 250 = 4,12 \geq 1,2$ – условие выполняется.

Согласование по времени (формула 4)

Вышестоящих защит в рассмотренных режимах нет – согласование по времени не проверяется.

Таким образом, принятые уставки аппарата СВ_Q1 удовлетворяют условиям чувствительности и согласования по времени во всех рассмотренных режимах.

4.2. СВ_Q2

Устройство МПЗ, трансформатор тока 100/5, ненаправленная.

Принятые уставки: ТО – 1500 А, 0 с; МТЗ – 160 А, 0,5 с.

Расчётные токи КЗ в режимах, где участвует аппарат, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расчётные токи КЗ, аппарат СВ_Q2

Режим	$I_{k(3)max}$, А	$I_{k(2)min}$ осн, А	$I_{k(2)min}$ рез, А
P1	2646	1029	–

Токовая отсечка (формула 1)

P1: $K_{ч.ТО} = 2646 / 1500 = 1,76 \geq 1,2$ – условие выполняется.

МТЗ, основная зона (формула 2)

P1: $K_{ч.МТЗ.осн} = 1029 / 160 = 6,43 \geq 1,5$ – условие выполняется.

МТЗ, резервная зона (формула 3)

Во всех режимах проверка не требуется – резервной зоны нет: нет нижестоящих аппаратов.

Согласование по времени (формула 4)

P1, МТЗ с вышестоящей СВ_Q1: $\Delta t = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ с} \geq 0,2 \text{ с}$ – условие выполняется.

P1, ТО с вышестоящей СВ_Q1: $\Delta t = 0,9 - 0 = 0,9 \text{ с} \geq 0,2 \text{ с}$ – условие выполняется.

Таким образом, принятые уставки аппарата СВ_Q2 удовлетворяют условиям чувствительности и согласования по времени во всех рассмотренных режимах.

5. Карта селективности (ВТХ)

Время-токовые характеристики (ВТХ) аппаратов по каждому режиму. Ступени МТЗ и ТО аппарата показаны одним цветом, уставки подписаны у ступеней. Пунктирная вертикаль – ток двухфазного КЗ в конце основной зоны нижестоящего аппарата; кружки на ней – время срабатывания нижестоящего и вышестоящего аппаратов при этом токе, стрелка между ними – степень селективности Δt с требуемым значением. Под графиком для каждого аппарата показаны токи КЗ: полоса – от $I_{k(2) \text{ мин}}$ в конце основной зоны до $I_{k(3) \text{ макс}}$, пунктир – до $I_{k(2) \text{ мин}}$ в конце зоны резервирования. Мгновенная ТО (0 с) условно показана на уровне 0,01 с: логарифмическая ось не содержит нуля. Этот уровень не является заданной выдержкой времени.

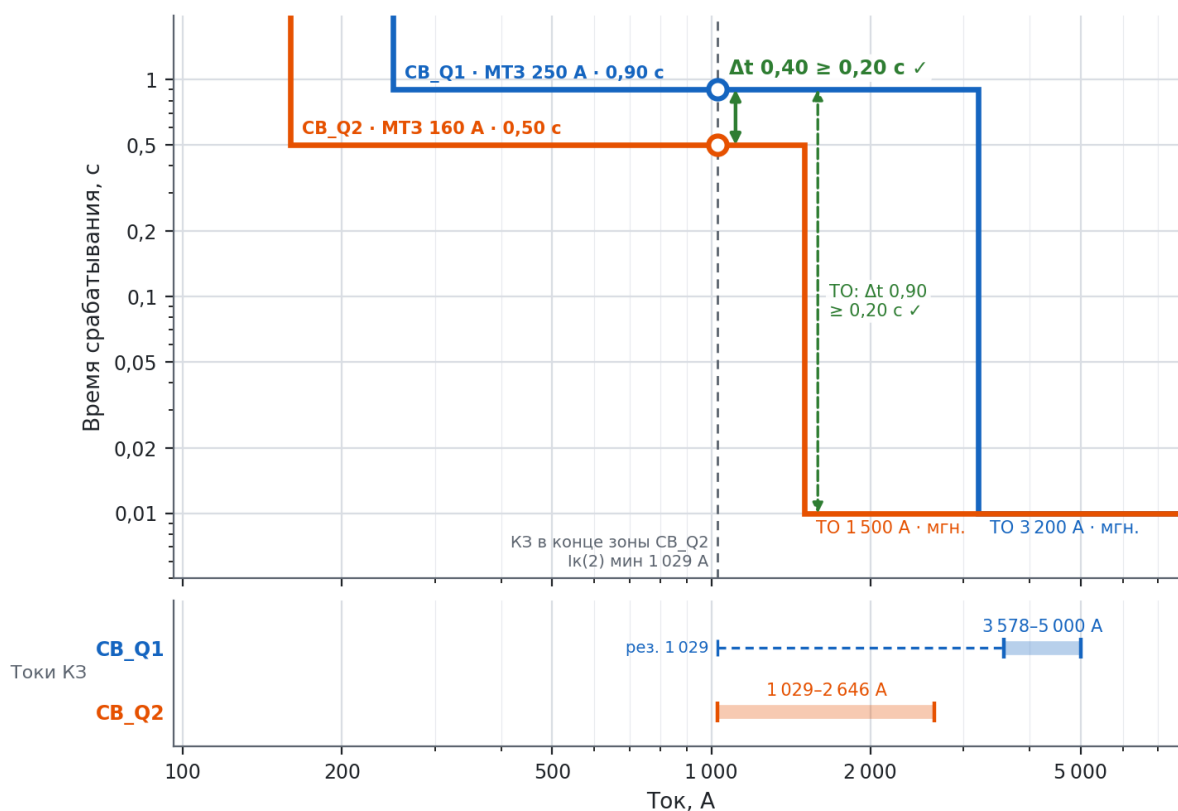


Рисунок 5.1 – ВТХ, режим Р1 «Нормальный режим ф. 5 ПС -1»

6. Принятые уставки релейной защиты

В таблице 6.1 приведены принятые (скорректированные) уставки в сравнении с исходными. Происхождение исходных значений не сохранено. Пустая принятая уставка заменяется исходной, как в расчёте. Полужирным выделены отличающиеся значения; выведенная ТО не действует.

Таблица 6.1 – Исходные и принятые уставки по ступеням защиты

Аппарат	Ст.	Степень	I исх., А	I прин., А	t исх., с	t прин., с
СВ_Q1	1	ТО	3200	3200	0	0
СВ_Q1	1	МТЗ	250	250	0,9	0,9
СВ_Q2	1	ТО	1500	1500	0	0
СВ_Q2	1	МТЗ	160	160	0,5	0,5

7. Заключение

Проверка токовой отсечки (ТО): всего условий – 2, выполнено – 2 (норма Кч ТО $\geq 1,2$ для линии, $\geq 2,0$ для трансформатора и двигателя).

Проверка МТЗ основная зона: всего условий – 2, выполнено – 2 (норма Кч $\geq 1,5$).

Проверка МТЗ резервная зона: всего условий – 1, выполнено – 1 (норма Кч $\geq 1,2$).

Все условия чувствительности выполнены. Вывод относится к проверке чувствительности (раздел 4); согласование защит по времени показано на карте селективности (раздел 5).

Коэффициенты чувствительности всех аппаратов по режимам сведены в таблицы 7.1–7.3; отметка $\checkmark$ – условие выполнено, $\times$ – не выполнено.

Таблица 7.1 – Коэффициенты чувствительности ТО

Аппарат	P1
CB_Q1	1,56 $\checkmark$
CB_Q2	1,76 $\checkmark$

Таблица 7.2 – Коэффициенты чувствительности МТЗ в основной зоне

Аппарат	P1
CB_Q1	14,31 $\checkmark$
CB_Q2	6,43 $\checkmark$

Таблица 7.3 – Коэффициенты чувствительности МТЗ в резервной зоне

Аппарат	P1
CB_Q1	4,12 $\checkmark$
CB_Q2	–

Селективность по времени: выполнено 2, не выполнено 0, не проверено 0.

Заключение не подтверждает токовое согласование, отстройку от нагрузки и самозапуска: эти проверки выполняются на вкладке расчёта уставок и в сводку Word не включены.