



Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

**Рекомендации
по расчету уставок
для линий 110 кВ**



Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

**Рекомендации по
расчету уставок**

Выбор уставок и проверка чувствительности измерительных органов ДФЗ

Уставки выбирают одинаковыми для обоих полукомплектов, установленных на противоположных концах линии.

Значения коэффициентов приняты на основе РУ выпуск 9 по ДФЗ для защиты «Бреслер-0411.03».

Расчет производится для отключающих органов. Уставки пусковых токовых органов принимаются в два раза чувствительнее соответствующих отключающих токовых органов.



Выбор уставки реле сопротивления для канала отстройки от КЗ ответвлений

Реле минимального сопротивления используются при защите линий, на которых присутствуют ответвительные подстанции. Реле включено на междупазное напряжение и разность токов соответствующих фаз токов. Уставочные характеристики имеют пятиугольную форму. Реле блокирует работу ДФЗ, если замер реле сопротивления не попадает в уставочную характеристику, что соответствует замыканию на низшей стороне ответвительной подстанции.

Характеристика срабатывания реле минимального сопротивления представляет собой пятиугольник, заданный 7-ю параметрами:

- R – сопротивление уставки (активное), Ом;
- $X_{уст}$ – сопротивление уставки (реактивное), Ом;
- $X_{уст}$ – расширение в третий квадрант, % от $X_{уст}$;
- $\varphi_{смещ}$ – угол максимальной чувствительности, град;
- $\varphi_{м.ч}$ – угол направленности в 4-й квадрант, град;
- φ_R – угол отрицательного сопротивления (2-й квадрант), град;
- φ_N – угол отстройки от внешних замыканий, град.
- φ_4

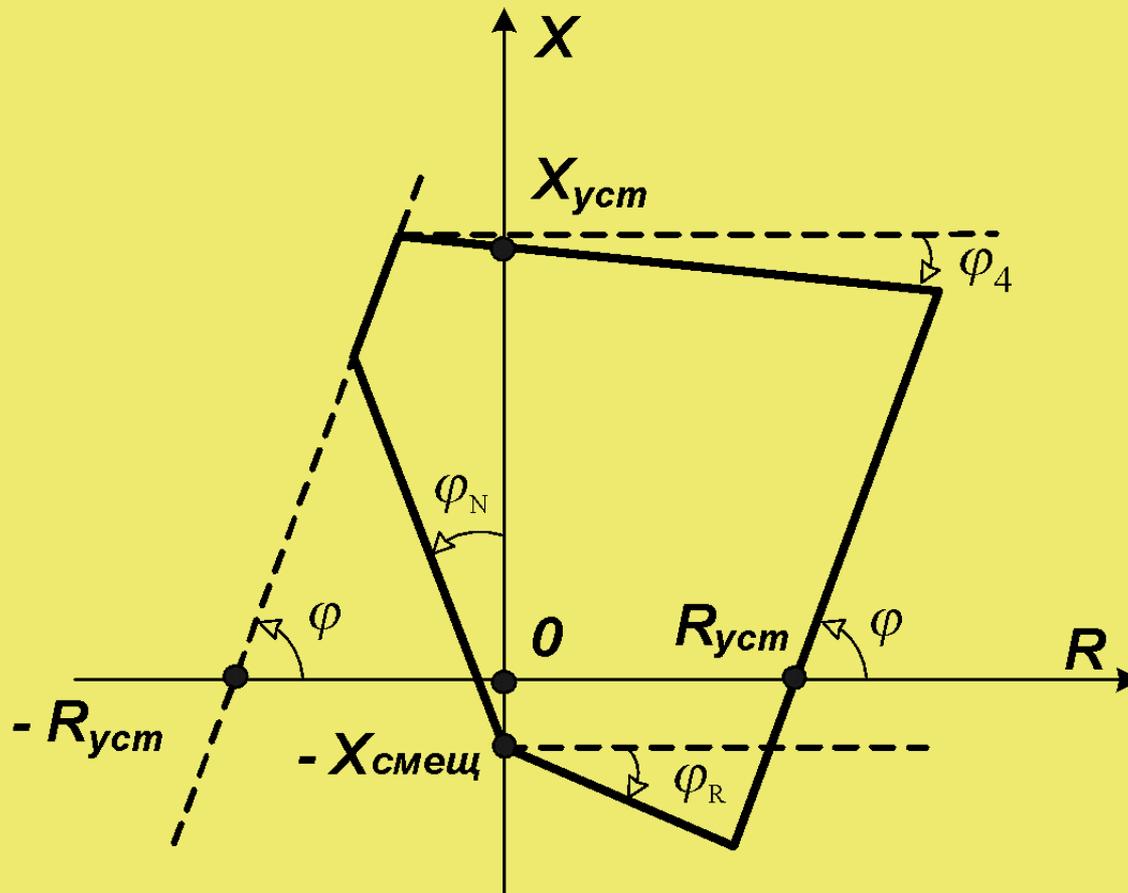


Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

Рекомендации по
расчету уставок

Характеристика срабатывания реле сопротивления





Активное и реактивное сопротивление уставки рассчитывают в долях от уставки $Z_{уст}$, которая выбирается по условию отстройки от КЗ за трансформатором ответвительной подстанции.

$$Z_{с.з} \leq k_3 \left[Z_{лI} + \frac{Z_{лII} + Z_{тр.}}{k_{ток}} \right] \cdot d \quad (4.32)$$

где $k_3 = 0,87$ – коэффициент запаса по избирательности;

$Z_{лI}$ – полное сопротивление защищаемой линии от места установки защиты до места разветвления;

$Z_{лII}$ – полное сопротивление участка защищаемой линии от места разветвления до шин подстанции, на которой установлен тр-р отпайки;

$Z_{тр.}$ – сопротивление трансформатора отпайки;

$k_{ток} = \frac{I_{3.6вб}}{I_T}$ – коэффициент токораспределения при КЗ за тр-ром;

$I_{3.6вб}$ – ток, протекающий в месте установки защиты, для которой выбирается уставка;

I_T – ток, протекающий через тр-р ответвительной подстанции;

$d = \frac{\sin \varphi_3}{\sin \varphi_{м.ч}}$ – отношение синусов углов сопротивления, подводимого к защите при КЗ, и угла максимальной чувствительности.



Также сопротивление срабатывания выбирается по условию отстройки от минимального сопротивления в месте установки полукомплекта в максимальном нагрузочном режиме по методике РУ выпуск 9 по ДФЗ

$$Z_{с.з} \leq \frac{Z_{раб.мин}}{k_H \cdot k_B \cdot \cos(\varphi_{м.ч} - \varphi_{раб})} \quad (1.33)$$

где $Z_{раб.мин}$ – минимальное сопротивление в месте установки защиты в максимальном нагрузочном режиме;

$U_{раб.мин} = (0,8 \div 0,9) U_{ном}$ – минимальное междуфазное напряжение в месте установки защиты в максимальном нагрузочном режиме;

$U_{ном}$ – номинальное междуфазное напряжение сети;

$k_H = 1,2$ – коэффициент надежности;

$k_B = 1,0$ – коэффициент возврата реле для текущей реализации защиты;

$\varphi_{м.ч}$ – угол максимальной чувствительности реле сопротивления,

принимается равным углу защищаемой линии $\varphi_{линии} = \arctg \left(\frac{X_{линии}}{R_{линии}} \right)$;

$R_{линии}$ и $X_{линии}$ – соответственно активное и реактивное сопротивления защищаемой линии;



$\varphi_{раб}$ — максимальное значения угла полного сопротивления нагрузки, который обычно принимают равным $\varphi_{раб} = (30 \div 40)^\circ$. Сопротивление срабатывания защиты выбирают минимальным из двух полученных выше значений.

Активное сопротивление уставки обычно принимается равным около $R_{уст} = 0,4 Z_{уст}$, что позволяет отстроится от нагрузочного режима линии. Величина реактивного сопротивления уставки находится в диапазоне

$$X_{уст} = (0,95 \div 1,0) Z_{уст}$$

Расширение в третий квадрант принимается в районе

$$X_{смещ} = (0,05 \div 0,1) X_{уст}$$



Угол максимальной чувствительности обычно принимают равным углу защищаемой линии

$$\varphi_{м.ч} = \varphi_{линии} = \arccos \left(\frac{X_{линии}}{R_{линии}} \right)$$

где $X_{линии}$ и $R_{линии}$ – соответственно реактивное и активное сопротивления защищаемой линии.

Угол направленности в четвертый квадрант обычно принимают равным

$$\varphi_R = 10^\circ \div 20^\circ$$

Угол отрицательного сопротивления рекомендуется принять равным

$$\varphi_{N.} = 90^\circ - \varphi_{м.ч}$$

Угол отстройки от внешних КЗ обычно принимают равным

$$\varphi_4 = 5^\circ$$

Чувствительность реле сопротивления проверяют при металлическом трехфазном КЗ в конце отпайки:

$$k_q = \left(\frac{Z_{полное}}{Z_l} \right) \geq 1,25$$

где $Z_{полное}$ – полное сопротивление защищаемой линии.



Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

Рекомендации по расчету уставок

Также необходимо проверить коэффициент чувствительности $k_{\text{ч}}$ по току точной работы:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мин}}^{(3)}}{I_{\text{т.раб}}} \geq 1,3$$

где $I_{\text{мин}}^{(3)}$ – минимальный первичный ток при металлическом трехфазном КЗ на противоположном месте установки полуккомплекта защиты конце линии;

$I_{\text{т.раб}} \leq 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ – ток точной работы для защиты «Бреслер-0411.03»;

$I_{\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток трансформаторов тока, питающих защиту.

Выбранные уставки рекомендуется проверять с помощью имитационной модели для конкретной защищаемой линии.



Выбор уставок и проверка чувствительности токовой направленной защиты нулевой последовательности на линиях с отпайками

Совместно с ИО минимального сопротивления на линиях с отпайками используется токовая направленная защита нулевой последовательности. Она состоит из ИО тока нулевой последовательности и ИО направления мощности, который релюсчитывает замыкания на землю в зоне и «за спиной» защиты.

Расчет уставок и проверка чувствительности ИО направления мощности

Реле направления мощности задается следующими уставками:

- $I_{M0уст}$ – уставка по току нулевой последовательности РНМ, % от $I_{НОМ}$;
- $\phi_{МЧ}$ – угол максимальной чувствительности реле, град;
- $X_{смещ}$ – реактивная составляющая смещения, Ом;
- $R_{смещ}$ – активная составляющая смещения, Ом.



Реле направления мощности нулевой последовательности реагирует на
замер

$$I_{\text{ММ}} = \frac{\operatorname{Re} \left[\left(\underline{U}_0 + \underline{I}_0 \cdot \underline{Z}_{\text{смещ}} \right) \cdot \underline{I}_0^* \cdot e^{-j\phi_{\text{МЧ}}} \right]}{\left| \underline{U}_0 + \underline{Z}_{\text{смещ}} \cdot \underline{I}_0 \right|} \quad (1.37),$$

где $\underline{U}_0, \underline{I}_0$ расчетные напряжение и ток нулевой последовательности в месте установки защиты при расчетном виде повреждения в конце зоны действия защиты;

\underline{I}_0^* – комплексно сопряженный ток нулевой последовательности в месте установки защиты при расчетном виде повреждения в конце зоны действия защиты;

$\phi_{\text{МЧ}}$ – угол максимальной чувствительности;

$\underline{Z}_{\text{смещ}} = R_{\text{смещ}} + jX_{\text{смещ}}$ – величина, определяющая смещение характеристики реле.

Ток срабатывания токового реле отстраивается от суммарного тока небаланса в нагрузочном режиме

$$I_{\text{М0уст}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} (I_{\text{0нб}} + I_{\text{0несим}}) \quad (1.38)$$

где $k_{\text{отс}} = 1,25$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{в}} = 0,85 \div 0,95$ – коэффициент возврата реле;



$I_{0нб} = k_{нб} I_{раб.макс}$ – первичный ток небаланса в нулевом проводе трансформатора тока в максимальном нагрузочном режиме;

$k_{нб} = \theta_{коэф.неб}$ – коэффициент небаланса;
 $I_{0нб} \leq 0,03 I_{раб.макс}$ – ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией нормального режима.

Чувствительность реле направления мощности определяется по минимальному току земляного КЗ в конце защищаемой линии по формуле

(1.39).

$$k_{ч} = \frac{I_{ММ}}{I_{ММ}} \geq 2,0$$

Угол максимальной чувствительности чувствительности линии

можно принять равным углу максимальной чувствительности линии $\varphi_{м.ч.}$

$$\varphi_{м.ч.} = \varphi_{м.ч.линии} = \arctg \left(\frac{X_{линии}}{R_{линии}} \right) \quad (1.40),$$

где $R_{линии}$ – соответственно активное и реактивное сопротивление защищаемой линии; $X_{линии}$

Значение полного сопротивления смещения $Z_{смещ} = R_{смещ} + jX_{смещ}$ должно приниматься меньшим из двух, определяемых условиями:

- увеличение напряжения $U_{фелс}$ подводимого к защите, до значения, обеспечивающего необходимую чувствительность и надежность срабатывания;
- исключение излишних срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны на шинах подстанции, где установлена защита.



I_0 – ток срабатывания четвертой ступени ТНЗНП;

$U_{0с.з} = k_{отс} (U_{0нб} + U_{0несим})$ – минимальное напряжение, при котором действует реле направления мощности;

$U_{0нб}$ – напряжение небаланса в нагрузочном режиме;

$U_{0несим}$ – напряжение нулевой последовательности, обусловленное несимметрией в системе при несимметрии нормального режима;

$k_{ч} = 1,5$ – коэффициент чувствительности;

$k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки.

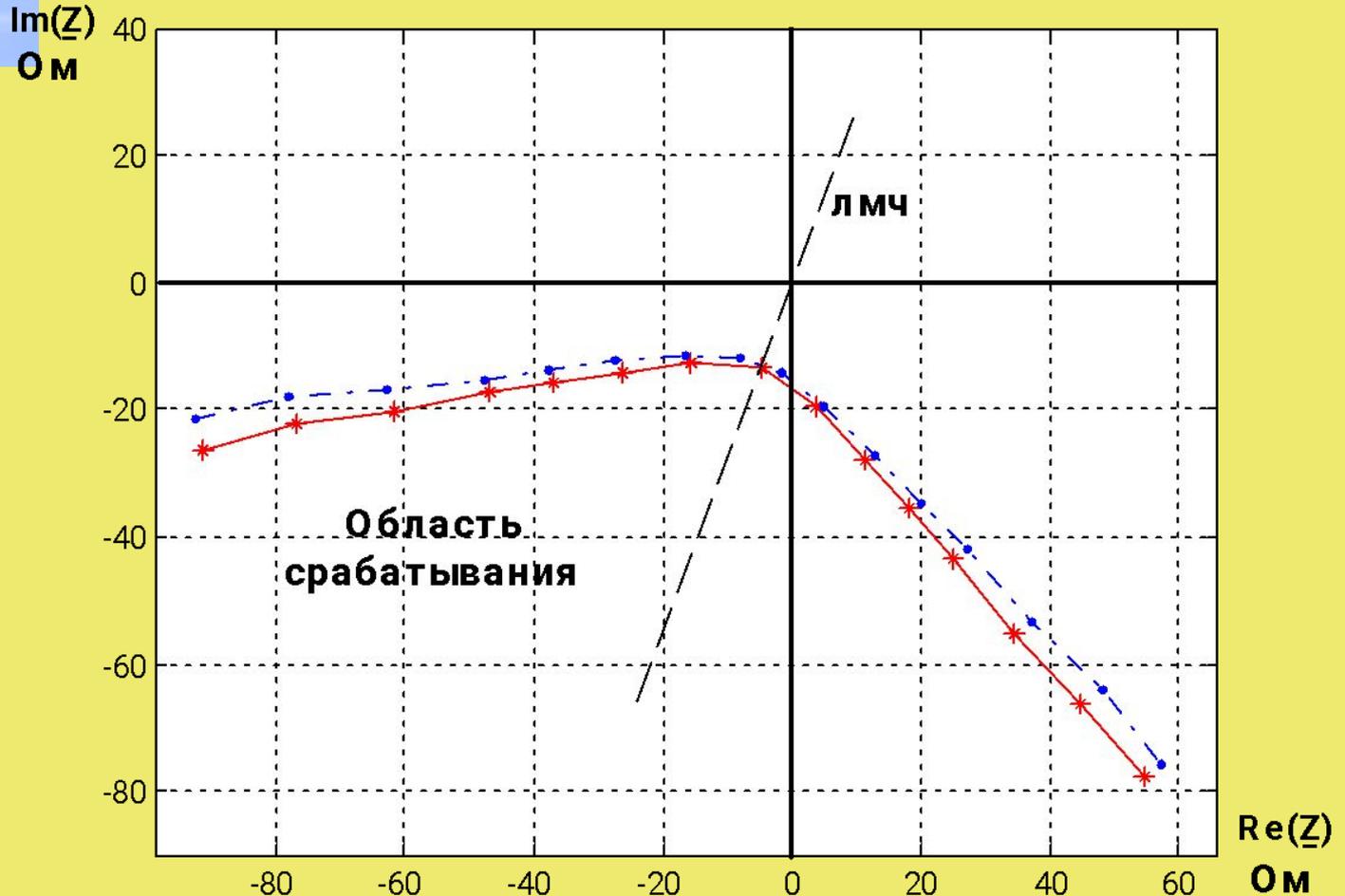
Если оба условия не могут быть удовлетворены, то компенсация не может быть использована.

Индуктивное сопротивление смещения вычисляется по формуле

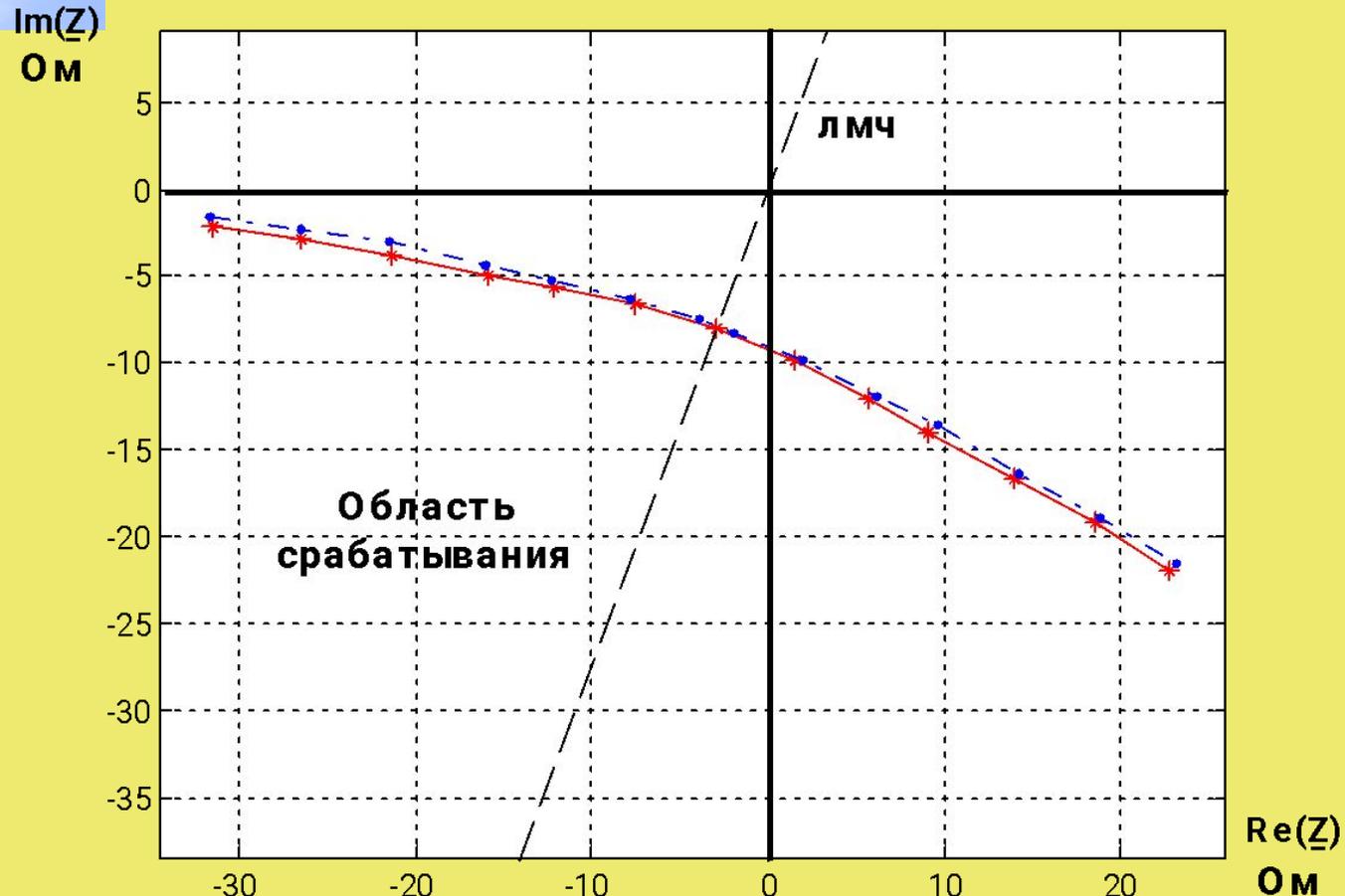
$$X_{смещ} = Z_{смещ} \sin \varphi_{м.ч.} \quad (1.17)$$

Активное сопротивление смещения вычисляется по формуле

$$R_{смещ} = Z_{смещ} \cos \varphi_{м.ч.} \quad (1.18).$$



Характеристика срабатывания ИО направления мощности нулевой последовательности, полученная при $I_0 = 0$, отмечена граница возврата ИО) (пунктиром $I_0 = I_{НОМ}$)



Характеристика срабатывания ИО направления мощности нулевой последовательности, полученная при (пунктиром отмечена граница возврата ИО)



Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

Рекомендации по
расчету уставок

Выбор уставок и проверка чувствительности измерительных органов устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ)

Измерительными органами УРОВ являются три максимальных токовых органа (уставки $I_{A'}$, $I_{A''}$, I_N всех трех токовых органов выбираются одинаковыми и должны быть чувствительны при всех видах КЗ в конце отходящей линии или за трансформатором. При работе УРОВ в режиме сопутствующего отказа, например при отказе выключателя, защиты которого работают в режиме дальнего резервирования, по тому же условию токовые реле должны быть чувствительны при повреждении в конце смежного участка.

Поскольку реле тока обладает повышенной чувствительностью к междуфазным повреждениям, достаточно принять уставку меньше уставки последней ступени защиты от замыканий на землю.



В связи с выше сказанным, уставку достаточно отстроить от величины емкостного тока линии:

$$I_{уст} > \frac{k_H}{k_B \cdot n_{TT}} I_{емк} \quad (2.1)$$

где $k_H \equiv 1,5$ – коэффициент надежности;

$k_B = 0,9$ – коэффициент возврата реле;

$I_{емк}$ – емкостной ток линии, определяемый в трехфазном режиме, когда реле тока имеет наивысшую чувствительность.

Чувствительность защиты проверяется при минимальном токе КЗ в конце смежного участка защищаемой линии:

$$\frac{I_{кзмин}}{I_{уст}} \geq k_{\chi} \quad (2.2)$$

где $k_{\chi} \equiv 2,0$ – коэффициент чувствительности защиты.

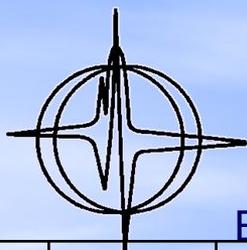
Поскольку токи повреждения в конце зоны действия защиты при двух- и трехфазных КЗ, как правило, больше, чем при однофазных КЗ на землю, в качестве расчетного вида КЗ следует в первую очередь рассматривать замыкания на землю.

**Выбор уставок элементов времени защиты**

Характеристики элементов времени защиты и выбор их уставок представлен в таблице 1. При расчетах запас принимается равным $m_{\text{зан}} = 10$.

Таблица 1 – Характеристики элементов времени защиты

№ п/п	Эл-т времен и	Описание	Диапазон уставок	Принятая уставка
Терминал				
1	T0	продление регистрации	40 мс	40 мс
2	T1	подсветка дисплея	1000 мс	1000 мс
ЛОГИКА ДФЗ				
3	T2	Время удержания пуска передатчика после исчезновения причины пуска. Необходимо по времени отстроиться от времени ликвидации внешнего симметричного КЗ.	500-1200 мс	600 мс



Время задержки сбора цепи отключения по

4	T3	отношению к моменту пуска передатчика противоположного конца при внешнем КЗ. Оба передатчика должны быть пущены к моменту появления цепи отключения. Собственное время работы пусковых и отключающих органов разных концов линии зависит от кратности токов КЗ. Максимальное время срабатывания пусковых органов 20 мс при кратности токов КЗ равной 1,2. С запасом принимается 15 мс (разброс пуска по	10 -100 мс	15 мс
5	T4	времени) Время, в течение которого держится замкнутым пуск при работе отключающих органов. Поскольку ограничений сверху нет, то принимаем 200 мс	150-250 мс	200 мс
6	T6	Время, в течение которого разрешается действие реле сопротивления. Аналог времени T4	150-250 мс	200 мс
7	T7	Отстройка от возможных провалов при внешних КЗ, возникающих из-за конечного времени распространения ВЧ сигнала	1-5 мс	3 мс



Исследовательский центр

БРЕСЛЕР

Рекомендации по расчету уставок

8	T8	Время должно быть меньше времени существования внешнего КЗ	50 мс	50 мс
9	T9	Время блокировки при реверсе мощности. Должно быть отстроено от времени переходного процесса фильтров при реверсе мощности	30-60 мс	50 мс
10	T10	Затягивание выходного сигнала ОСФ (выход ОСФ пульсирующий, поэтому требуется задержка)	25 мс	25 мс
11	T14	Время задержки сигнала "Вызов". Должен быть больше продолжительности внешних КЗ	5 сек.	5 сек.
12	T15	Отстройка от помех	3-5 мс	2 мс
13	T16	Отстройка от помех	3-5 мс	2 мс
14	T19	Затягивание сигнала "Вызов" (на входе T19 – меандр – пульсирующий сигнал)	20 мс	20 мс
15	T20	Время блокировки защиты при включении линии	20 мс	20 мс



ЛОГИКА УРОВ				
16	T18	Время действия РЗ на УРОВ	5-50 мс	20 мс
17	T21	Затягивание сигнала УРОВ после пропадания РЗ	50-200мс	100 мс
18	T56	Уставка УРОВ	0.1-0.6 с	0.4 с
Логика отключения				
19	T17	Задержка входного сигнала БНН на формирование сигнала «Неисправность»	5 сек.	5 сек.
20	T42	Отстройка от помех при отключении от других РЗ	5 мс	3-5 мс
21	T43	Отстройка от помех	5 мс	3-5 мс
22	T44	Затягивание сигнала «Останов ВЧ»	0.1-0.3 сек.	0.2 сек.
23	T55	Импульсный формирователь для отключающих органов	0.1-0.3 сек.	0.1 сек.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ**