

## Расчет максимальной токовой защиты

### Теория и пример расчета.

#### ЛЭП – 10 кВ

Для расчета МТЗ ЛЭП 10 кВ используются следующие данные:

ЛЭП -10 кВ воздушная; длина  $L_3=8$  км;  $x_0=0,4$  Ом/км.

Мощность к.з. системы  $S_{к.з.с.}=10000$  МВА;

Длина ЛЭП 110 кВ  $L_1=L_2=20$  км;  $x_0=0,4$  Ом/км.

Мощность нагрузки  $S_{Н1}=3,0$  МВА (спокойная нагрузка);

Мощность двигателя  $S_{М1}=1,6$  МВА (асинхронный высоковольтный двигатель АД,  $k_{пуск}=6$ );

В измерительной части МТЗ используем статические реле на интегральных микросхемах РСТ-11.

Основное требование при настройке МТЗ чтобы ток срабатывания МТЗ  $I_{срМТЗ}$  был больше максимального тока нагрузки в нормальном режиме  $I_{раб.мах}$ .

Нагрузка для ЛЭП будет состоять из асинхронного электродвигателя  $M_1$  и нагрузки электроприемников  $H_1$ :

$$S_{нЛЭП} = S_{H1} + S_{M1},$$

номинальный ток от нагрузки  $H_1$

$$I_{H1} = \frac{S_{H1}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 165,15 \text{ A},$$

номинальный ток двигателя

$$I_{M1} = \frac{S_{M1}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 88 \text{ A},$$

пусковой ток электродвигателя при  $k_{пуск}=6$  будет равен

$$I_{пуск} = I_{ном.M1} \cdot k_{пуск} = 88 \cdot 6 = 528 \text{ A},$$

величина номинального рабочего тока ЛЭП будет равна

$$I_{раб} = I_{H1} + I_{M1} = 165,15 + 88 = 253,15 \text{ A},$$

далее выбираем трансформаторы тока и определяем коэффициент их трансформации  $\eta_T = \frac{I_1}{5}$ .

Величина тока  $I_1$  принимаем равным 300А. Тогда

$$\eta_T = \frac{I_1}{5} = \frac{300}{5} = 60$$

где  $I_1$  – ближайшая наибольшая величина стандартного первичного тока трансформатора тока.

При настройке МТЗ ЛЭП 10 кВ необходимо выполнить условие

$$I_{срМТЗ} \geq I_{раб.мах.ЛЭП}$$

Рабочий максимальный ток ЛЭП  $I_{раб.мах.ЛЭП}$  будет состоять из тока нагрузки электроприемников  $I_{H1}$  и пускового тока электродвигателя  $I_{пуск} M_1$

$$I_{\text{раб.мах}} = I_{H1} + I_{\text{пуск}} = 165,15 + 528 = 693,15 \text{ A}$$

Зная рабочий максимальный ток в ЛЭП (с учетом пускового тока двигателя) определяем вторичный ток срабатывания МТЗ. [1, 3]

$$I_{\text{ср.МТЗ}} = \frac{k_H \cdot I_{\text{раб.мах}} \cdot k_{\text{сх}}}{k_{\text{воз}} \cdot n_T}$$

где  $k_H$  – коэффициент надежности; из-за наличия пускового тока АД принимается равным 1,4 для реле РСТ-11(ПУЭ);

где  $k_{\text{сх}}=1$  («неполная звезда» – схема соединения трансформаторов тока);

$k_{\text{воз}}=0,95$  (для реле РСТ-11);

$n_T$  – коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Тогда величина вторичного тока срабатывания МТЗ будет равна

$$I_{\text{ср.МТЗ}} = \frac{k_H \cdot I_{\text{раб.мах}} \cdot k_{\text{сх}}}{k_{\text{воз}} \cdot n_T} = \frac{1,4 \cdot 693,15 \cdot 1}{0,95 \cdot 60} = 17 \text{ A}$$

Находим время срабатывания МТЗ

$$t_{\text{ср.МТЗ}} = t_{\text{ср.РЗ}} + \Delta t = 0,8 + 0,6 = 1,4 \text{ сек.}$$

где  $t_{\text{ср.РЗ}}$  – выдержка времени на последующей защите;

$\Delta t$  – ступень селективности с реле РСТ-11, принимаем  $\Delta t$  равным 0,6 сек. (ПУЭ).

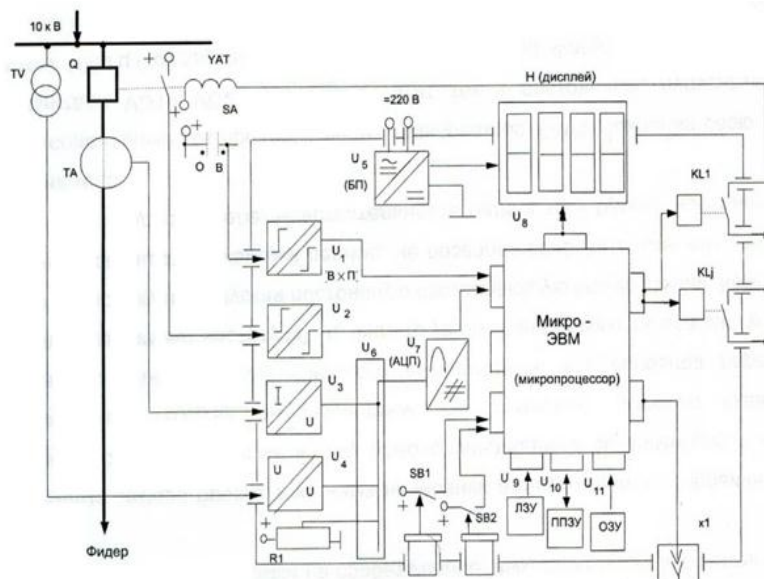
Проверяем защиту на чувствительность

$$k_u = \frac{I_{\text{кmin}(K2)}}{I_{\text{ср.МТЗ}}} = \frac{1612 / 60}{17} = 1,58 > 1,5$$

где  $I_{\text{кmin}(K2)}$  – ток к.з. в конце ЛЭП 10 кВ ( $I_{\text{кmin}(K2)} = 1612 \text{ A}$ ).

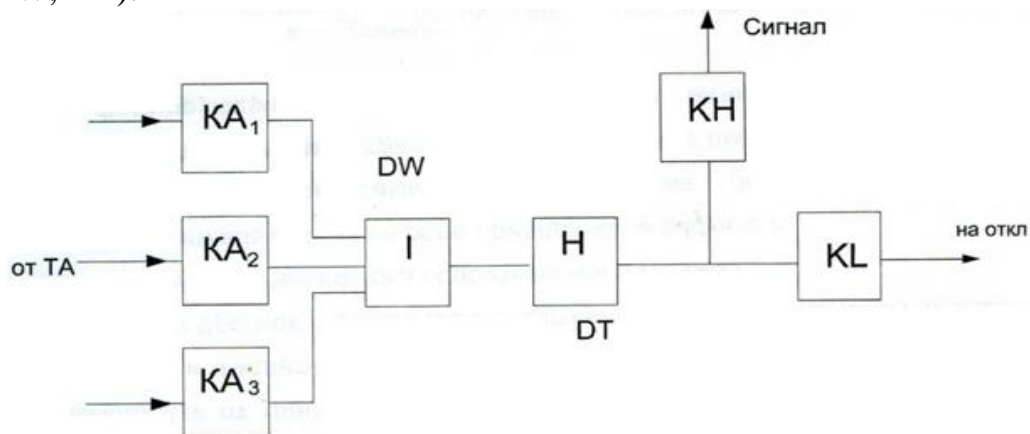
Вывод: максимальная токовая защита воздушной ЛЭП проходит по чувствительности.

Цифровое исполнение защиты ЛЭП представлено



Структурная схема цифровой защиты ЛЭП

Принцип и алгоритм работы МТЗ можно представить в виде алгебры логики (DW, DT).



Логическая схема МТЗ,  
 где  $KA_1, KA_2, KA_3$  – реле тока, DW – логический элемент ИЛИ,  
 DT – логический элемент выдержки времени

Ток от трансформаторов тока ТА, фаз А, В, С подается на токовое реле КА. В нормальном режиме ток срабатывания реле  $I_{сраб}$  меньше рабочего максимального тока нагрузки ЛЭП и на выходе элемента DW (ИЛИ) присутствуют нулевые сигналы. При КЗ на ЛЭП ток через реле становится больше тока срабатывания реле и на выходе элемента DW появляется сигнал, равный 1. В элементе DT (выдержка времени) реализуется время срабатывания в соответствии с требованиями селективной работы защиты.

Алгоритм релейной защиты можно записать в виде логической функции N:

$$N = (KA_1 \text{ OR } KA_2 \text{ OR } KA_3) \text{ AND } DT1 = 1$$

Где  $KA_1, KA_2, KA_3$  – логические сигналы на выходах токовых реле

DT1 – оператор временного реле защиты.

### Задание

Определить вторичный ток срабатывания МТЗ ЛЭП 10 кВ используются данные по варианту из таблицы 1, проверить защиту на чувствительность при

Данные не заданные в таблице брать из примера расчета.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

№ вар.	$S_{КЗС}$ , МВА	$S_{HI}$ , МВА	$S_{MI}$ , МВА	$x_0$ , Ом/км	$I_{kmin(K2)}$ , А
1	10000	3,0	1,6	0,4	1612
2	12000	2,0	1,1	0,3	1420
3	8000	1,7	1,0	0,35	1250
4	15000	3,2	1,8	0,45	1705
5	18000	3,5	2,0	0,5	2100
6	10000	3,0	1,6	0,4	1612
7	12000	2,0	1,1	0,3	1420
8	8000	1,7	1,0	0,35	1250
9	15000	3,2	1,8	0,45	1705
10	18000	3,5	2,0	0,5	2100
11	10000	3,0	1,6	0,4	1612
12	12000	2,0	1,1	0,3	1420
13	8000	1,7	1,0	0,35	1250
14	15000	3,2	1,8	0,45	1705
15	18000	3,5	2,0	0,5	2100
16	10000	3,0	1,6	0,4	1612
17	12000	2,0	1,1	0,3	1420
18	8000	1,7	1,0	0,35	1250
19	15000	3,2	1,8	0,45	1705
20	18000	3,5	2,0	0,5	2100
21	10000	3,0	1,6	0,4	1612
22	10000	3,0	1,6	0,4	1612
23	12000	2,0	1,1	0,3	1420
24	8000	1,7	1,0	0,35	1250
25	15000	3,2	1,8	0,45	1705
26	18000	3,5	2,0	0,5	2100
27	10000	3,0	1,6	0,4	1612
28	12000	2,0	1,1	0,3	1420
29	8000	1,7	1,0	0,35	1250
30	15000	3,2	1,8	0,45	1705
31	10000	3,0	1,6	0,4	1612
32	12000	2,0	1,1	0,3	1420
33	8000	1,7	1,0	0,35	1250
34	15000	3,2	1,8	0,45	1705
35	18000	3,5	2,0	0,5	2100
36	10000	3,0	1,6	0,4	1612
37	12000	2,0	1,1	0,3	1420
38	8000	1,7	1,0	0,35	1250
39	15000	3,2	1,8	0,45	1705
40	18000	3,5	2,0	0,5	2100
41	10000	3,0	1,6	0,4	1612
42	12000	2,0	1,1	0,3	1420
43	8000	1,7	1,0	0,35	1250
44	15000	3,2	1,8	0,45	1705
45	18000	3,5	2,0	0,5	2100
46	10000	3,0	1,6	0,4	1612
47	12000	2,0	1,1	0,3	1420
48	8000	1,7	1,0	0,35	1250
49	15000	3,2	1,8	0,45	1705
50	18000	3,5	2,0	0,5	2100