

Индивидуальное задание №3

РАСЧЕТ УСТАВОК СТУПЕНЧАТОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ В СЕТИ 35 КВ

Номер варианта – порядковый номер фамилии студента в журнале.

На схеме приняты обозначения:

1, 2, 3, 4, 5, 6 – номера комплектов защит,

I–XIV – номера нагрузок

В заданной радиальной сети 35 кВ для заданного согласно варианту комплекта защиты (табл. 2)

1. рассчитайте:

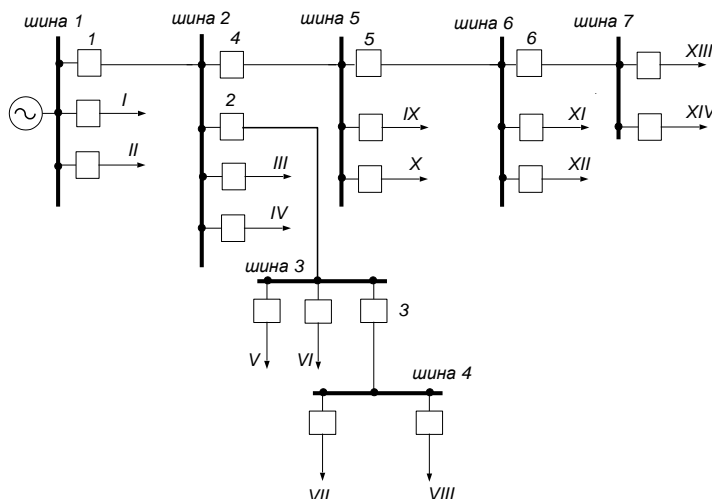
- ток срабатывания первой ступени защиты – мгновенной токовой отсечки (ТО).
- ток срабатывания второй ступени – токовой отсечки с выдержкой времени и выберите выдержку времени.
- ток срабатывания третьей ступени – максимальной токовой защиты (МТЗ).

- выдержку времени МТЗ.

2. Выберите трансформатор тока (таблица 1).

3. Для всех ступеней определите рабочие токи срабатывания защиты во вторичной цепи. Для всех вариантов трансформаторы тока включены по схеме неполной звезды.

4. Определите коэффициент чувствительности ТО с выдержкой времени (вторая ступень), определите коэффициент чувствительности МТЗ в режиме ближнего резервирования и в режиме дальнего резервирования.



Для всех вариантов:

ступень селективности $\Delta t = 0,5$ с.

коэффициент надежности $K_H = 1,2$,

коэффициент возврата $K_B = 0,85$,

коэффициент самозапуска $K_{C3} = 1,2$

Таблица 1

Шкала коэффициентов трансформации трансформаторов тока

n_{тт}	1000	800/5	600/5	400/5	200/5	150/5	100/5	75/5	60/5	50/5	40/5	30/5	25/5
	/5												

Таблица 2

Номер комплекта защиты для расчета и

время срабатывания максимальной токовой защиты нагрузок I – XIV (с)

Вар.	Ком п. Защ.	t_I	t_{II}	t_{III}	t_{IV}	t_V	t_{VI}	t_{VII}	t_{VIII}	t_{IX}	t_X	t_{XI}	t_{XII}	t_{XIII}	t_{XIV}
1.	1	0,5	1	0,5	4	0,5	1	0,5	2	1	1,5	0,5	1	0,5	1,5
2.	2	1,5	2	3,5	1,5	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
3.	4	2	1	3,5	2,5	0,5	1	1	1	1	2,5	0,5	1	0,5	1,5
4.	5	1,5	1	2	0	1	2,5	1	1,5	0,5	1,5	1	2	0	1
5.	1	1	1	0,5	2,5	0,5	1	1	0,5	1	0	2,5	1	0,5	1,5
6.	2	1,5	0	1	1,5	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	0	0,5
7.	4	0,5	0,5	4	2,5	3	1	2	1	1	1,5	0,5	1	0,5	0
8.	5	1,5	2	3,5	4	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
9.	1	1	1	3,5	2,5	0,5	1	0	0	1	1,5	0,5	1	0,5	1,5
10.	2	1,5	2	2	1,5	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
11.	4	1	1	0,5	2,5	0,5	1	0	0	0,5	1,5	0,5	1	0,5	1,5
12.	5	1	2	2	0,5	1	3	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
13.	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5	3,5	2,5	0,5	1	0	0	1
14.	2	0,5	0,5	4	2,5	3	1	2	1	1	1,5	0,5	1	0,5	0
15.	4	2	1	1	1,5	0,5	1	0,5	0	1,5	2	3,5	1,5	1	2,5
16.	5	2	0	1	2,5	1	1,5	0,5	1,5	1	2	0	1	0,5	2,5
17.	1	1	1,5	1	1,5	1	0,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5	1	2,5
18.	2	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
19.	4	2	1	1	1,5	0,5	1	0,5	0	1,5	2	3,5	1,5	1	2,5
20.	5	1,5	0	1	1,5	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	0	0,5
21.	1	1	1	0,5	0,5	4	2,5	3	1	2	1	1	1,5	1	2,5
22.	2	1,5	0,5	1,5	1	2	0	1,5	0,5	1,5	1	2	0	1	1,5
23.	4	0,5	1	0,5	4	0,5	1	0,5	2	1	1,5	0,5	1	0,5	1,5
24.	5	1,5	2	3,5	1,5	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
25.	1	2	1	3,5	2,5	0,5	1	1	1	1	2,5	0,5	1	0,5	1,5

Таблица 3

Рабочие токи нагрузок (А)

Вар.	I_{I+II}	I_{III+IV}	I_{V+VI}	$I_{VII+VIII}$	I_{IX+X}	I_{XI+XII}	$I_{XIII+XIV}$
1.	1	6.5	5.0	4.5	8	2.5	6
2.	31	7.0	3.0	5	2.5	3.5	6
3.	13	7	6.0	5.0	7.0	2.0	4.0
4.	21	5	7	5	8	3	8
5.	20	6	4	5	12	7	5.0
6.	15	8	6	14	7	10	5
7.	18	4	5	10	7.5	6	6
8.	12	6.5	2.5	5	2.5	3.5	5
9.	14	10	6	6	7	2	4
10.	19	6	8	13	7.5	4	7
11.	10	4	2	5	2.5	3	6
12.	13.5	7	6	5	7	10	4
13.	19	18	3.5	5	4	2.5	6.5
14.	16	4.5	10	3.5	8	5	12
15.	9.2	4.5	6.5	8	2	4	3
16.	3.5	9	4	5.5	5.5	3	8
17.	4.0	9	10	3	2	3.5	5.5

18.	9.0	10	3.5	8.5	5.5	9	7
19.	55	8	3	8	6	4	5
20.	50	7	12	4	9	1.8	3.5
21.	5.5	8	13	8	6	4.5	5
22.	5.0	10	7	5	9	4.5	6.5
23.	4.0	7	2	3	3.5	2	4
24.	3.0	7.5	2	6	4	9	5
25.	5.0	2.5	13.5	2	9	3	3.5

Таблица 4

Токи трехфазных КЗ на шинах 1 – 7 (А)

Вар.	шина 1	шина 2	шина 3	шина 4	шина 5	шина 6	шина 7
1.	2100	1050	525	263	131	66	33
2.	1430	715	358	179	89	45	22
3.	2000	1000	510	254	125	63	31
4.	1000	500	250	125	63	31	16
5.	1400	700	350	175	88	44	22
6.	1800	900	450	225	113	56	28
7.	1900	950	475	238	119	59	30
8.	1030	515	258	129	64	32	16
9.	2000	1000	500	250	125	63	31
10.	1150	575	288	144	72	36	18
11.	1400	700	350	175	88	44	22
12.	1100	550	275	138	69	34	17
13.	2100	1050	525	263	131	66	33
14.	1430	715	358	179	89	45	22
15.	2050	1025	513	256	128	64	32
16.	1000	500	250	125	63	31	16
17.	1380	690	345	173	86	43	22
18.	1700	850	425	213	106	53	27
19.	1600	800	400	200	95	50	26
20.	1030	515	258	129	64	32	16
21.	2200	1100	550	275	138	69	34
22.	1150	575	288	144	72	36	18
23.	1400	700	350	175	88	44	22
24.	1100	550	275	138	69	34	17
25.	2110	1055	528	264	132	66	33

Методические указания к выполнению

1. Ток срабатывания первой ступени защиты, мгновенной ТО, должен быть таким, чтобы защита срабатывала только при КЗ на защищаемой линии. Это условие может быть обеспечено, если ток срабатывания ступени будет больше, чем ток трехфазного КЗ при замыкании в конце линии. Например, ток срабатывания первой ступени защиты 3 определяется так

$$I_3^1 = K_H I_{ш4}^{(3)}$$

где I_3^1 – ток срабатывания первой ступени защиты 3,

$I_{ш4}^{(3)}$ – ток трехфазного КЗ на шине 4 (таблица 4).

2. Ток срабатывания второй ступени, токовой отсечки с выдержкой времени, должен быть таким, чтобы защита срабатывала при КЗ по всей линии, включая шины проти-

воположной подстанции. Обеспечить такие «жесткие» границы действия невозможно. Вторая ступень обязательно будет «чувствовать» (то есть контакты реле тока будут замыкаться) КЗ не только в конце защищаемой линии, но и КЗ в начале предыдущих линий.

Как же обеспечить селективность данной ступени при КЗ на смежных линиях? Только за счет небольшой выдержки времени 0,3 – 0,6 с. Например, ток срабатывания второй ступени защиты 1 определяется так

$$I_1^2 = K_H I_4^1$$

или

$$I_1^2 = K_H I_2^1$$

где I_1^2 – искомый ток срабатывания второй ступени защиты 1,

I_4^1 – ток срабатывания первой ступени защиты 4, действующей без выдержки времени,

I_2^1 – ток срабатывания первой ступени защиты 4.

Из двух полученных значений нужно выбрать большее.

Выдержку времени ТО для защит на электромеханической базе рекомендуется принимать 0,5–0,6 с.

Важно обратить внимание на то, что комплекты защит 6 и 3 не имеют ТО с выдержкой времени, так как за данными линиями нет предыдущих линий. Через комплекты 6 и 3 питается только нагрузка.

3. Ток срабатывания третьей ступени (для комплектов 6 и 3 это будет вторая ступень), максимальной токовой защиты, определяется следующим образом

$$I_1^3 = K_H K_{СЗ} I_{Н1} / K_B,$$

где I_1^3 – искомый ток срабатывания третьей ступени защиты 1,

$I_{Н1}$ – ток нагрузки, протекающий через комплект 1 в нормальном режиме. Данный ток определяется по первому закону Кирхгофа, как сумма токов нагрузок. Обратите внимание на то, что токи складываются не как векторные, а как скалярные величины. Это допустимо, так как сумма скалярных величин всегда больше, чем векторных, что создает дополнительный запас с точки зрения отстройки от рабочих токов.

4. Выдержки времени МТЗ рассчитываются по ступенчатому принципу. Например, для комплекта 6 выдержка времени МТЗ определяется так

$$t_6 = t_{XIII} + \Delta t$$

или

$$t_6 = t_{XIV} + \Delta t.$$

Из двух значений выбирается большее. Выдержка времени МТЗ следующего комплекта 5 равна

$$t_5 = t_6 + \Delta t$$

или

$$t_5 = t_{XI} + \Delta t,$$

или

$$t_5 = t_{XII} + \Delta t.$$

Из трех значений выбирается большее. И т.д.

5. Методики выбора и проверки трансформаторов тока были рассмотрены в И31 и И32. В данном задании просто выберите тот ТТ, номинальный ток первичной обмотки которого превышает рабочий нагрузочный ток I_H .
6. Токи срабатывания реле во вторичной цепи равны

$$I_{1р}^1 = K_{СХ} I_1^1 / n_{ТТ},$$

где $K_{сх}$ – коэффициент схемы, равный отношению токов во вторичной обмотке ТТ и в обмотке реле,

I^1_1 – ток срабатывания первой ступени защиты 1 в первичной цепи,

$I^1_{1р}$ – искомый ток срабатывания первой ступени защиты 1 во вторичной цепи.

Так как по условию задания трансформаторы тока включены по схеме неполной звезды, коэффициент схемы $K_{сх} = 1$.

7. Коэффициент чувствительности равен отношению минимального тока КЗ, при котором защита должна срабатывать и тока срабатывания реле во вторичной цепи. Разумеется, ток КЗ надо также привести во вторичной цепи, разделив его на $n_{ТТ}$.

Для определения коэффициента чувствительности МТЗ в режиме ближнего резервирования следует брать ток двухфазного КЗ в конце защищаемой зоны, то есть на шинах противоположной подстанции. Для определения коэффициента чувствительности в режиме дальнего резервирования необходимо брать ток КЗ в конце предыдущей линии.

Токи двухфазных КЗ, необходимые для расчета коэффициента чувствительности, определите следующим образом

$$I^{(2)} = \sqrt{3} I^{(3)}/2.$$

где $I^{(3)}$ – ток трехфазного КЗ на шинах (таблица 4)

В выводе ответьте на вопросы.

1. Почему токи во всех линиях сети можно считать примерно совпадающими по фазе?
2. Что такое режим ближнего и дальнего резервирования? Какие ступени выполняют функции ближнего резервирования? Дальнего резервирования? Какие коэффициенты чувствительности при резервировании?
3. За счет чего обеспечивается селективность первой, второй и третьей ступеней токовой защиты?