

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вологодский государственный университет»

Институт машиностроения, энергетики и транспорта
(наименование института)
Кафедра «Электрооборудование»
(наименование кафедры)

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4

Дисциплина	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Наименование темы	Максимальная токовая направленная защита
Код работы	_____
	<small>код, наименование направления подготовки/ специальности, программы, код кафедры, регистрационный номер по журналу, год</small>
Руководитель	канд. техн. наук, доцент Поздеев Н.Д. <small>(уч. степень, звание, должность, Ф.И.О.)</small>
Выполнил(а) студент	Агеев М.Д., Воробьев И.А. <small>(Ф.И.О.)</small>
Группа, курс	ЭС-31
Дата сдачи	_____
Дата защиты	_____
Оценка по защите	_____
	<small>(подпись преподавателя)</small>

Вологда
2023

Цель работы – ознакомление с принципом работы, расчетом уставок и настройкой максимальной токовой направленной защиты (МТНЗ) с независимой выдержкой времени в кольцевой сети с односторонним питанием и в радиальной сети с двусторонним питанием и экспериментальная проверка действия защиты при повреждениях в различных точках сети.

2.1. Описание работы стенда

В лабораторном стенде, структурная схема которого представлена на рис. 2.1, моделируется работа кольцевой электрической сети с односторонним питанием или радиальной электрической сети с двусторонним питанием.

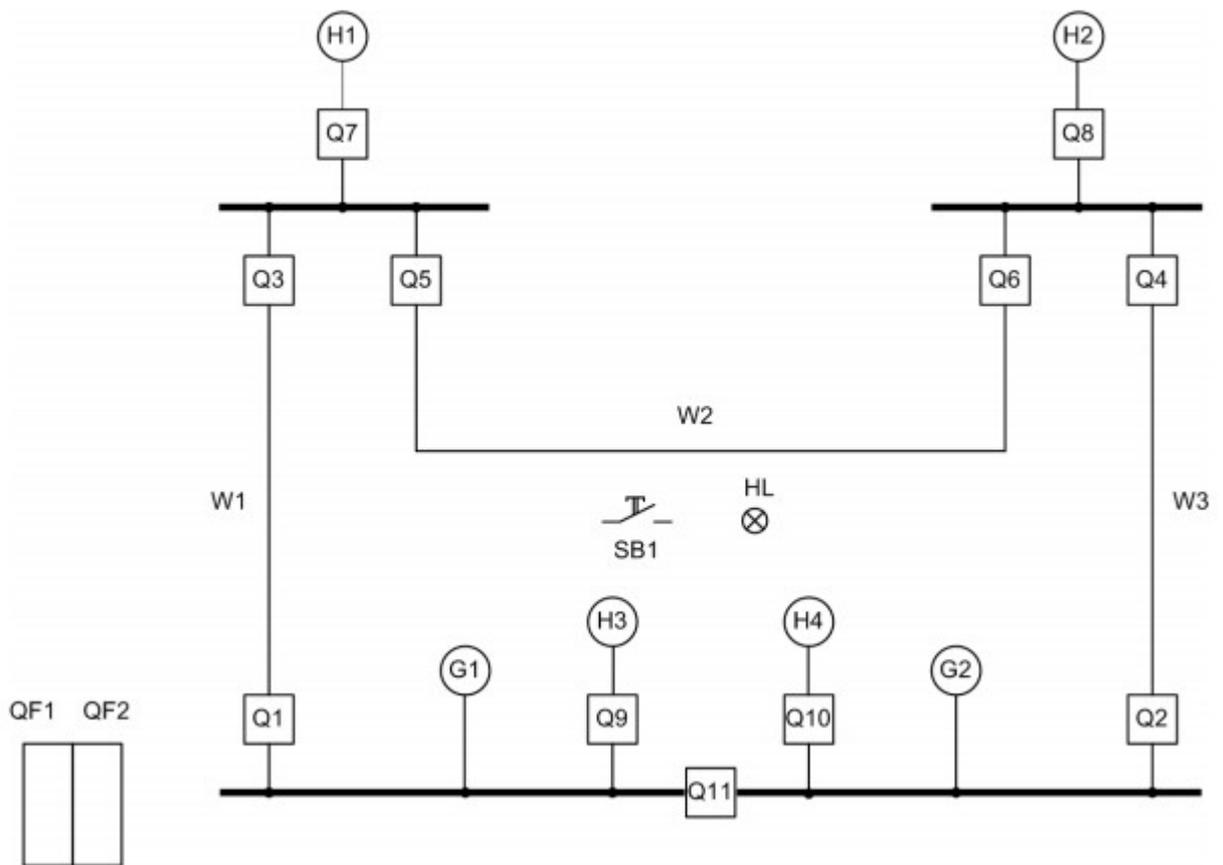


Рисунок 2.1 – Структурная схема кольцевой электрической сети с односторонним питанием или радиальной электрической сети с двусторонним питанием.

Сеть состоит из трех последовательно соединенных линий электропередачи и подключенным к ним нагрузок. Если выключатель Q11 разомкнут, то схема сети – радиальная с двумя источниками питания (G1,G2); если Q11 замкнут, то схема – кольцевая с одним источником питания (G1).

У каждого линейного выключателя установлен комплект максимальной токовой направленной защиты, состоящий из реле тока (КА), реле времени (КТ) и реле направления мощности (КВ). Нумерация реле совпадает с номером выключателя. Нагрузки Н1-Н4 имеют собственные максимальные токовые защиты, которые установлены у выключателей нагрузок Q7-Q10/ Алгоритм действия МТНЗ – развитие аварии из-за КЗ в электрической сети блокируется ближайшими к точке КЗ выключателями с учетом направления мощности КЗ. Другим словами, защита действует на отключение выключателя только в том случае, если сработает не только реле тока, но и реле направления мощности, контакты которого замыкаются только при направлении мощности КЗ от шин подстанции в линию. Выбор времени срабатывания отдельных защит производится по ступенчатому принципу с учетом направленности их действия. При этом необходимо учитывать время срабатывания защит нагрузок, которые получают питание от заданной электрической сети.

2.2. Порядок выполнения работы

Исходные данные:

Тип моделируемой электрической сети – кольцевая.

Таблица 2.1 – Исходные данные

	Н1	Н2	Н3	Н4
Ток нагрузки, А	104	134	114	124
Коэффициент самозапуска	1,3	1,4	1,2	1,5
Время срабатывания защиты, с	0,4	1,4	1,9	1,0

Расчёт уставок МТНЗ:

$$I_{c.з.Q3} = \frac{k_{зан} \cdot k_{c3H3}}{k_{\epsilon}} \cdot I_{H3} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot I_{нук} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{0,8} \cdot 114 = 171 A$$

$$I_{c.з.Q6} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{c3H3} \cdot I_{H3} + k_{c3H1} \cdot I_{H1}) = \frac{1,2}{0,8} \cdot (1,2 \cdot 114 + 1,3 \cdot 104) = 408 A$$

$$I_{c.з.Q2} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{c3H3} \cdot I_{H3} + k_{c3H1} \cdot I_{H1} + k_{c3H2} \cdot I_{H2}) = i$$

$$i \frac{1,2}{0,8} \cdot (1,2 \cdot 114 + 1,3 \cdot 104 + 1,4 \cdot 134) = 689,4 A$$

$$I_{c.з.Q4} = \frac{k_{зан} \cdot k_{c3H4}}{k_{\epsilon}} \cdot I_{H4} = \frac{0,4 \cdot 1,2}{0,8} \cdot 124 = 74,4 A$$

$$I_{c.з.Q5} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{c3H4} \cdot I_{H4} + k_{c3H2} \cdot I_{H2}) = \frac{1,2}{0,8} \cdot (0,4 \cdot 124 + 1,4 \cdot 134) = 355,8 A$$

$$I_{c.з.Q1} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{c3H4} \cdot I_{H4} + k_{c3H2} \cdot I_{H2} + k_{c3H1} \cdot I_{H1}) = i$$

$$i \frac{1,2}{0,8} \cdot (0,4 \cdot 124 + 1,4 \cdot 134 + 1,3 \cdot 104) = 558,6 A$$

Время срабатывания МТНЗ отстраивается от времени срабатывания запустившихся защит смежных по направлению от источника питания элементов электрической сети. При КЗ в сети нагрузки НЗ запускаются защиты, установленные у выключателей Q3, Q6, Q2 (по самому длинному пути от источника питания). Самой ближней защитой к точке КЗ является МТНЗ_{Q3}, поэтому она имеет минимальное время срабатывания, которое отстраивается от времени срабатывания защиты НЗ:

$$t_{c.з.Q3} = t_{c.з.H3} + \Delta t = 1,1 + 0,6 = 1,7 c,$$

где $\Delta t = 0,4 \div 0,6$ с - степень селективности. Время срабатывания МТНЗ_{Q6} и МТНЗ_{Q2} определяются выражениями:

$$t_{c.з.Q6} = \max(i t_{c.з.Q3}; t_{c.з.H1}) + \Delta t = 2,4 + 0,5 = 2,9 c, i$$

$$t_{c.з.Q2} = \max(i t_{c.з.Q6}; t_{c.з.H2}) + \Delta t = 2,9 + 0,5 = 3,4 c, i$$

Аналогично для остальных защит. При КЗ в сети нагрузки Н4 запускаются защиты, установленные у выключателей Q4, Q5, Q1. Время срабатывания защит:

$$t_{c.z.Q4} = t_{c.z.H4} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ с},$$

$$t_{c.z.Q5} = \max(t_{c.z.Q4}; t_{c.z.H2}) + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2 \text{ с},$$

$$t_{c.z.Q1} = \max(t_{c.z.Q5}; t_{c.z.H1}) + \Delta t = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ с},$$

На токовых реле, на которых выполнена защита, выставляется величина, равная току срабатывания реле:

Q1:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 558,6 = 5,586 \text{ A}$$

Q2:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 689,4 = 6,894 \text{ A}$$

Q3:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 171 = 1,71 \text{ A}$$

Q4:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 74,4 = 0,744 \text{ A}$$

Q5:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 355,8 = 3,558 \text{ A}$$

Q6:

$$I_{c.p} = \frac{k_{cx}}{k_I} \cdot I_{c.z} = \frac{1}{100} \cdot 408 = 4,08 \text{ A}$$

Таблица 2.2 – Результаты расчетов уставок МТНЗ и времени срабатывания защит

Линия	Токи срабатывания МТНЗ всех линий ($I_{с.зQ}$), А	Время срабатывания ($t_{с.зQ}$), с	Ток срабатывания реле ($I_{с.р}$), А
1	558,6	2,5	5,586
2	689,4	3,4	6,894
3	171	2,4	1,71
4	74,4	1,5	0,744
5	355,8	2,0	3,558
6	408	2,9	4,08

Вывод: в данной работе мы познакомились с принципом работы, расчетом уставок и настройкой максимальной токовой направленной защиты (МТНЗ) с независимой выдержкой времени в кольцевой сети с односторонним питанием и в радиальной сети с двусторонним питанием и проверили экспериментально действия защиты при повреждениях в различных точках сети.