

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 | <hr/> <small>код, наименование направления подготовки/ специальности, программы, код кафедры, регистрационный номер по журналу, год</small> |
| Руководитель | <hr/> канд. техн. наук, доцент Поздеев Н.Д. <small>(уч. степень, звание, должность, Ф.И.О.)</small> |
| Выполнил(а) студент | <hr/> Агеев М.Д., Воробьев И.А. <small>(Ф.И.О.)</small> |
| Группа, курс | <hr/> ЭС-31 |
| Дата сдачи | <hr/> |
| Дата защиты | <hr/> |
| Оценка по защите | <hr/> <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.

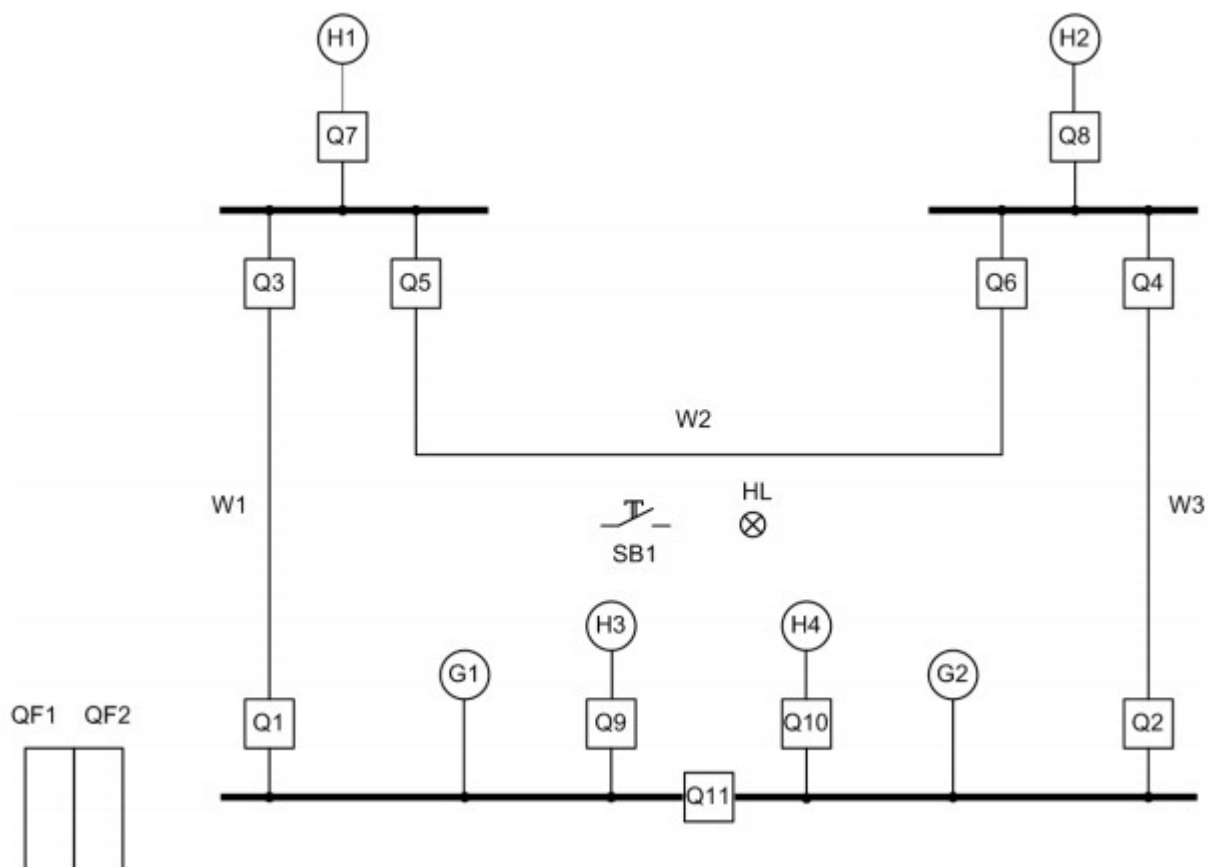


Рисунок 2.1 – Структурная схема кольцевой электрической сети с односторонним питанием или радиальной электрической сети с двусторонним питанием.

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 (KW). 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:

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

$$I_{c.з.Q6} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{cзнНЗ} \cdot I_{НЗ} + k_{cзнН1} \cdot I_{Н1}) = \frac{1,2}{0,8} \cdot (1,2 \cdot 114 + 1,3 \cdot 104) = 408 A$$

$$I_{c.з.Q2} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{cзнНЗ} \cdot I_{НЗ} + k_{cзнН1} \cdot I_{Н1} + k_{cзнН2} \cdot I_{Н2}) = i$$

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

$$I_{c.з.Q4} = \frac{k_{зан} \cdot k_{cзнН4}}{k_{\epsilon}} \cdot I_{Н4} = \frac{0,4 \cdot 1,2}{0,8} \cdot 124 = 74,4 A$$

$$I_{c.з.Q5} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{cзнН4} \cdot I_{Н4} + k_{cзнН2} \cdot I_{Н2}) = \frac{1,2}{0,8} \cdot (0,4 \cdot 124 + 1,4 \cdot 134) = 355,8 A$$

$$I_{c.з.Q1} = \frac{k_{зан}}{k_{\epsilon}} \cdot (k_{cзнН4} \cdot I_{Н4} + k_{cзнН2} \cdot I_{Н2} + k_{cзнН1} \cdot I_{Н1}) = i$$

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

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:

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

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

$$t_{c.з.Q6} = \max(i t_{c.з.Q3}; t_{c.з.Н1}) + \Delta t = 2,4 + 0,5 = 2,9 c, i$$

$$t_{c.з.Q2} = \max(i t_{c.з.Q6}; t_{c.з.Н2}) + \Delta t = 2,9 + 0,5 = 3,4 c, i$$

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.