

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухов Тимур Александрович

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 12.09.2023 17:31:48

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»
для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Передача и распределение электрической энергии в системах электроснабжения

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Содержание:

| | |
|---|----|
| Работа №1 Токовая отсечка секционного выключателя..... | 4 |
| Работа №2 Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя..... | 7 |
| Работа №3 Максимальная токовая защита с пуском по напряжению линии электропередачи | 11 |
| Работа №4 Дифференциальная защита трансформатора..... | 14 |
| Работа №5 Токовая защита трансформатора..... | 18 |
| Работа №6 Дифференциальная защита сборных шин..... | 21 |
| Работа №7 Логическая защита сборных шин..... | 25 |
| Работа №8 Автоматическое повторное включение линии электропередачи. | 28 |
| Работа №9 Автоматическое повторное включение сборных шин..... | 31 |
| Работа №10 Автоматическое включение резерва секционного выключателя..... | 35 |

Работа №1 Токовая отсечка секционного выключателя

Цель работы:

- изучить принцип действия токовой отсечки без выдержки времени;
- изучить методы расчета и проверки уставок защиты.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний Рис. 1.1. (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения фазных токов секционного выключателя (канал А1 к фазе А, канал А2 к фазе С). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП 2СШ. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».
- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика Работа №01 Токовая отсечка секционного выключателя» (Рис. 1.2.).
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести токовую отсечку в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ТО», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику «Q1». Программа всегда

отображает текущее состояние выключателя (зеленый - отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.

6) С помощью кнопки SB1 «Вкл» на лицевой панели модуля выключателя короткозамыкателя подать команду на включение выключателя QK3.

Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА5, пропорциональное току короткого замыкания $I_{кз}$. С помощью кнопки SB2 «Откл» на лицевой панели модуля выключателя короткозамыкателя подать команду на отключение выключателя QK3.

7) Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

8) Рассчитать ток срабатывания отсечки по формуле:
$$I_{с.з.} = \frac{I_{кз}}{k_q}$$

Коэффициент чувствительности принять равным $k_q = 1,5$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ТО»; в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

9) Перевести защиту в режим действия на отключение. Запустить программный комплекс в работу командой «Пуск». Создать короткое замыкание, включением выключателя QK3. При правильно выбранных установках защита срабатывает, отключая секционный выключатель Q5. При этом, цвет выключателя Q5 на мнемосхеме становится зеленым, а прямоугольник «ТО» красным, что свидетельствует о срабатывании указательного реле защиты. Щелчок левой кнопкой мыши по прямоугольнику «ТО» сбрасывает состояние указательного реле (аналогичный эффект достигается нажатием кнопки «Сброс» в диалоговом окне параметров защиты). Отключить выключатель QK3. Сбросить состояние указательного реле защиты.

10) Отключить все выключатели. Остановить работу программы командой «Стоп». Отключить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть». Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

11) Сделать выводы о селективности действия защиты, оформить отчет по лабораторной работе.

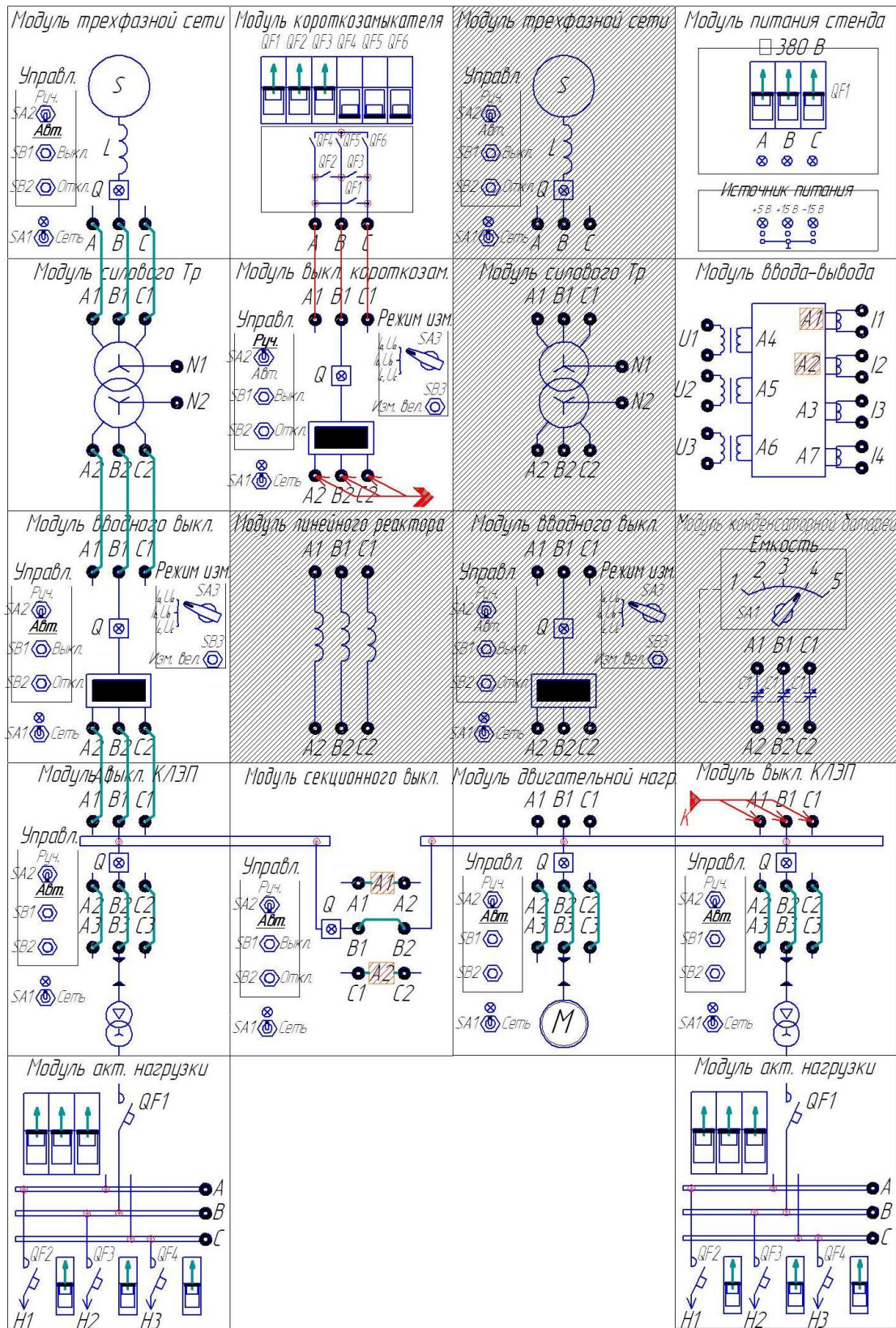


Рис. 1.1. Токовая отсечка секционного выключателя. Схема электромонтажная

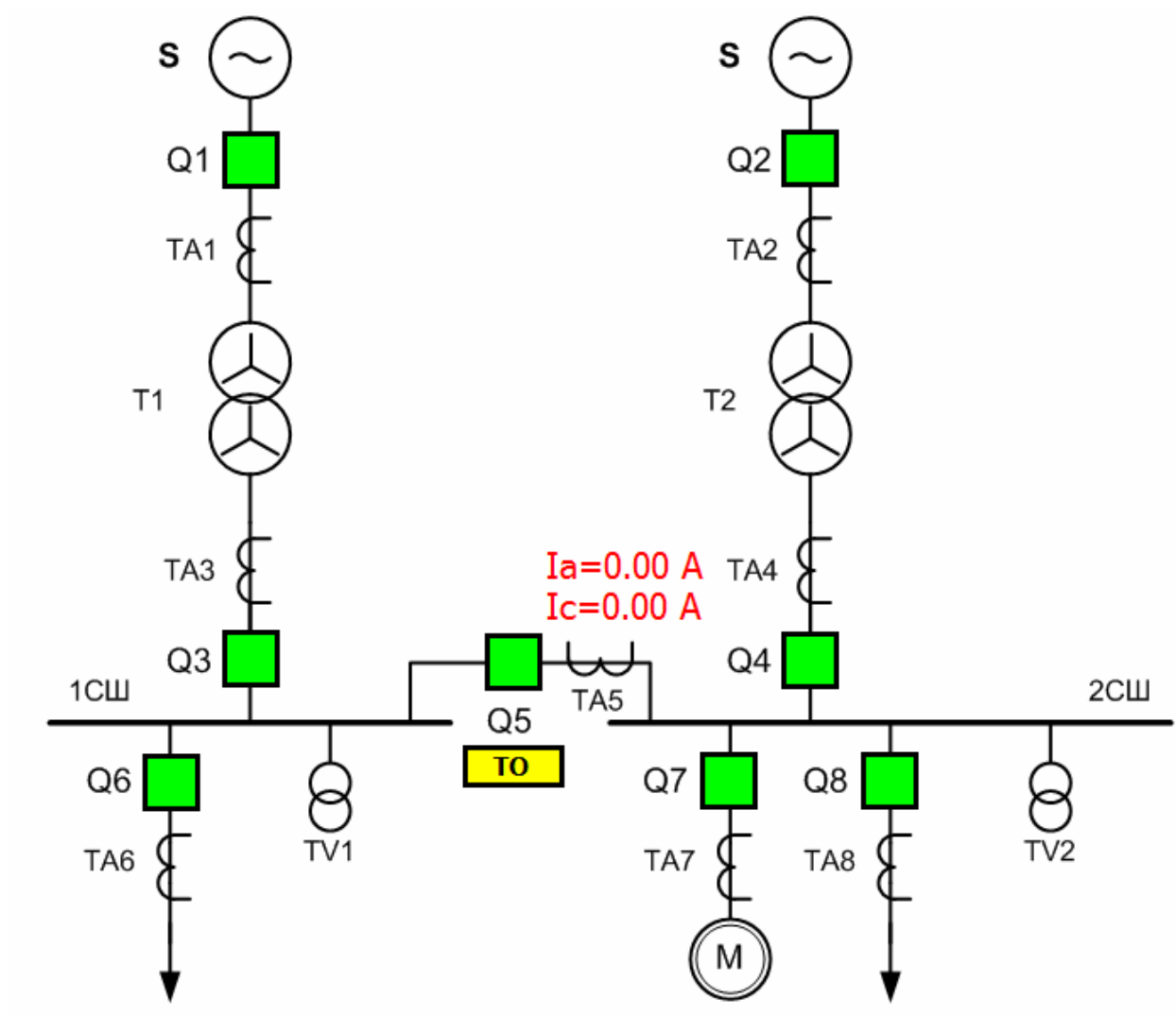


Рис. 1.2. Токовая отсечка секционного выключателя. Мнемосхема

Работа №2 Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя.

Цель работы:

- изучить принцип действия максимальной токовой защиты;
- изучить методы расчета и проверки уставок защиты;
- исследовать факторы, влияющие на селективность и зону действия МТЗ.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 2 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля

ввода-вывода для измерения фазных токов вводного выключателя и выключателя кабельной ЛЭП на первой секции сборных шин (каналы А1 и А2 к фазам А и С модуля вводного выключателя, каналы А3 и А7 к фазам А и С модуля выключателя кабельной ЛЭП). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам А3, В3, С3 модуля выключателя кабельной ЛЭП 1СШ (точка К1). Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №02 МТЗ с независимой выдержкой времени».

3) В программе «DeltaProfi» перевести защиты МТ31, МТ32 в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольники «МТ31» и «МТ32», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).

4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3 и Q6. При этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.

6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА6, пропорциональное току нагрузки $I_{н. макс}$

7) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗ2 по классической формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_e} \cdot I_{н. \max}.$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,055$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_e = 0,97$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗ2»; в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8) Включить выключатели Q5, Q7 и Q8. Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТАЗ, пропорциональное току нагрузки ввода №1 $I_{вв. \max}$.

9) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗ1 по классической формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_e} \cdot I_{н. \max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,050$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1,92$.

Коэффициент у возврата реле тока принять равным $k_e = 0,97$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗ1»; в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

10) Рассчитать выдержки времени срабатывания защит МТЗ1 и МТЗ2 в соответствии со ступенчатым принципом обеспечения селективности действия. Задать полученные выдержки времени в диалоговых окнах настройки параметров защит.

11) Перевести защиты МТЗ1 и МТЗ2 в режим работы «действие на отключение». Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита МТЗ2, отключая выключатель Q 6.

12) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения

выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на первой секции сборных шин (клеммы AI, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K2). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты MT32. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

13) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита MT31, отключая выключатель Q3.

14) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на второй секции сборных шин (клеммы AI, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K3). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты MT31. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

15) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных установках, срабатывает защита MT31, отключая выключатель Q3.

16) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (клеммы A3, B3, C3 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K1). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты MT31. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

17) Перевести защиту MT32 в режим работы «действие на сигнал» для имитации её отказа. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита MT31, отключая выключатель Q3.

18) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

19) Сделать выводы о селективности действия защиты, определить, какие из исследованных точек короткого замыкания относятся к основной и какие к

резервной зоне действия защиты МТЗ1. Оформить отчет по лабораторной работе.

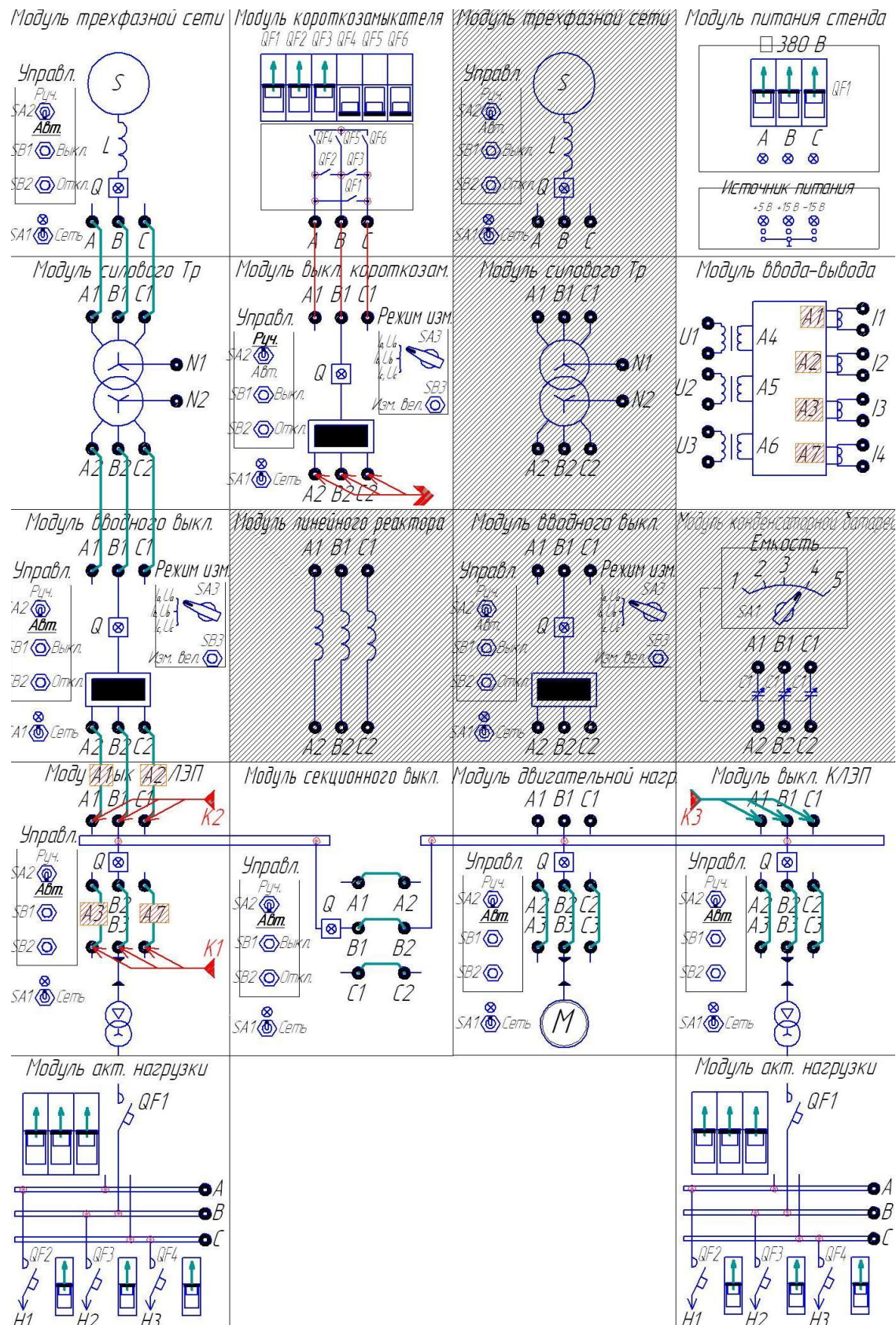


Рис. 2.1. Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя. Схема электромонтажная

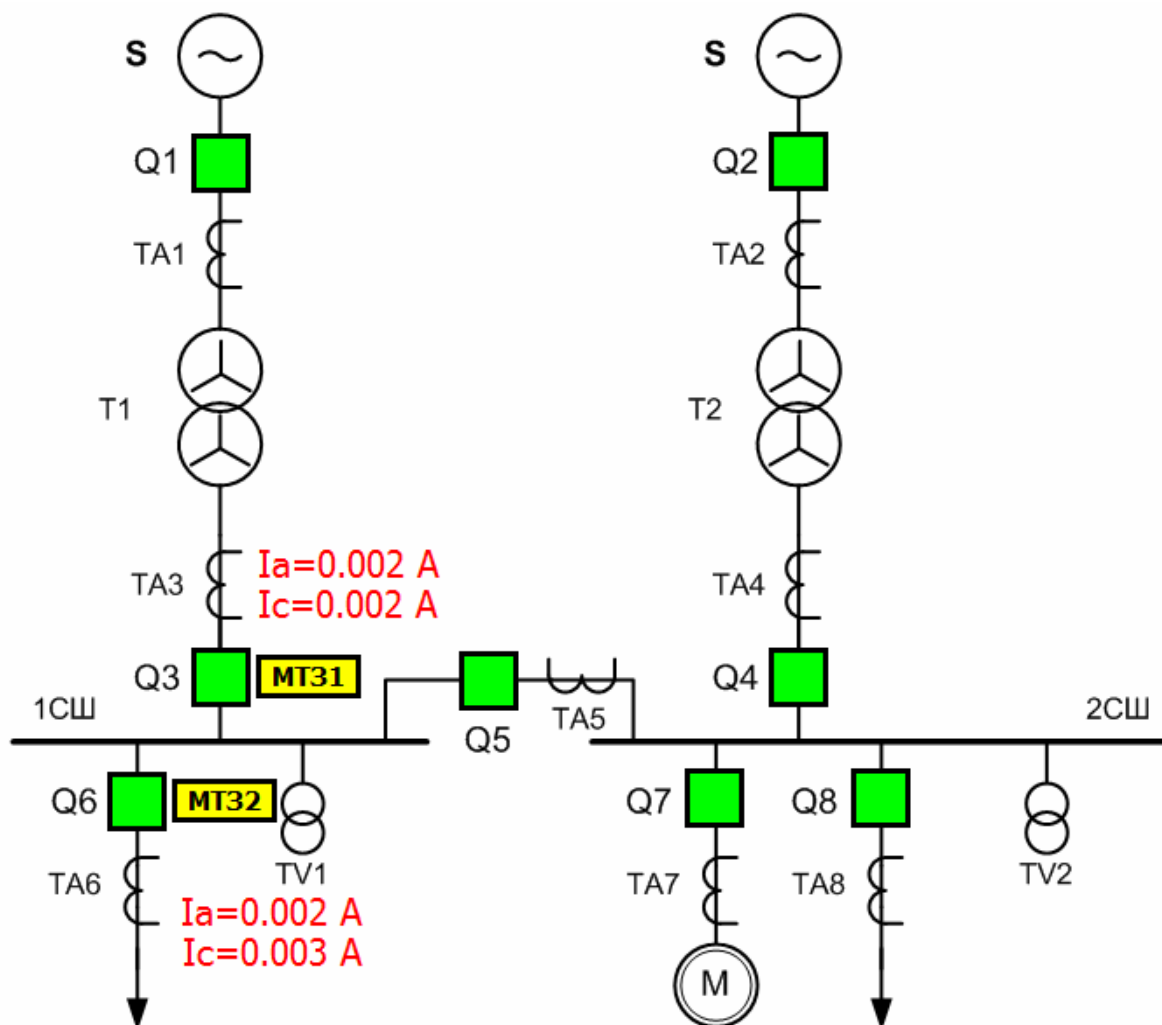


Рис. 2.2. Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя. Мнемосхема

Работа №3 Максимальная токовая защита с блокировкой по минимальному напряжению

Цель работы:

- изучить принцип действия максимальной токовой защиты с блокировкой по минимальному напряжению;
- изучить методы расчета и проверки уставок защиты;
- исследовать влияние пусковых органов напряжения на чувствительность МТЗ.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 3 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!).

Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения линейных напряжений модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (канал А4 на напряжение АВ, канал А5 на напряжение ВС, канал А6 на напряжение СА) и измерения фазных токов ввода первой секции сборных шин (канал А1 к фазе А, канал А2 к фазе С). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы — Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы — Релейная защита и автоматика - Работа №03 МТЗ с пуском по напряжению».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту МТЗН в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый - отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3 и Q6. При

этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов и напряжений, соответственно, во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока и напряжения.

6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА3, пропорциональное току нагрузки ввода первой секции сборных шин $I_{н. max}$ при включённом левом модуле активной нагрузки. Записать значение напряжения на выходе измерительного трансформатора TV 1 $U_{н. min}$.

7) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗН по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n}{k_g} \cdot I_{н. max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_g = 0,95$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток и напряжение 220В срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8) Перевести защиту МТЗН в режим действия на отключение. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, защита срабатывает, отключая выключатель Q3.

9) Отключить выключатель короткозамыкателя. Сбросить указательное реле защиты МТЗН.

10) Перевести защиту МТЗН в режим работы «действие на сигнал»

11) Дистанционно включить выключатели Q3, Q5, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов и напряжений, соответственно, во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока и напряжения.

12) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА3, пропорциональное току нагрузки ввода первой секции сборных шин $I_{н. max}$ при полной активной и индуктивной нагрузке. Записать значение напряжения на выходе измерительного трансформатора TV 1 $U_{н. min}$.

13) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗН по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n}{k_\epsilon} \cdot I_{н. \max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_\epsilon = 0,95$.

8) Рассчитать напряжение срабатывания защиты по формуле:

$$U_{с.з.} = \frac{k_n}{k_\epsilon} \cdot U_{н. \min}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 0,8$.

Коэффициент возврата реле напряжения принять равным $k_\epsilon = 1,05$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток и напряжение срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

14) Перевести защиту МТЗН в режим действия на отключение. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, защита срабатывает, отключая выключатель Q3.

15) Отключить выключатель короткозамыкателя. Сбросить указательное реле защиты МТЗН. Включить выключатель Q3.

16) Для исследования поведения защиты при пуске двигательной нагрузки обратить внимание на то, что ток в измерительном трансформаторе ТА3 значительно превышает ток срабатывания защиты, рассчитанный, как в п 7), так и в п. 13). Однако, при правильно выбранных уставках, защита не срабатывает.

17) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

18) Сделать выводы о селективности действия защиты, объяснить, почему защита не срабатывает при выходе двигателя на номинальный режим, когда пусковой ток превышает ток уставки защиты, указать особенности данного

вида защиты по сравнению с обычной МТЗ. Оформить отчет по лабораторной работе.

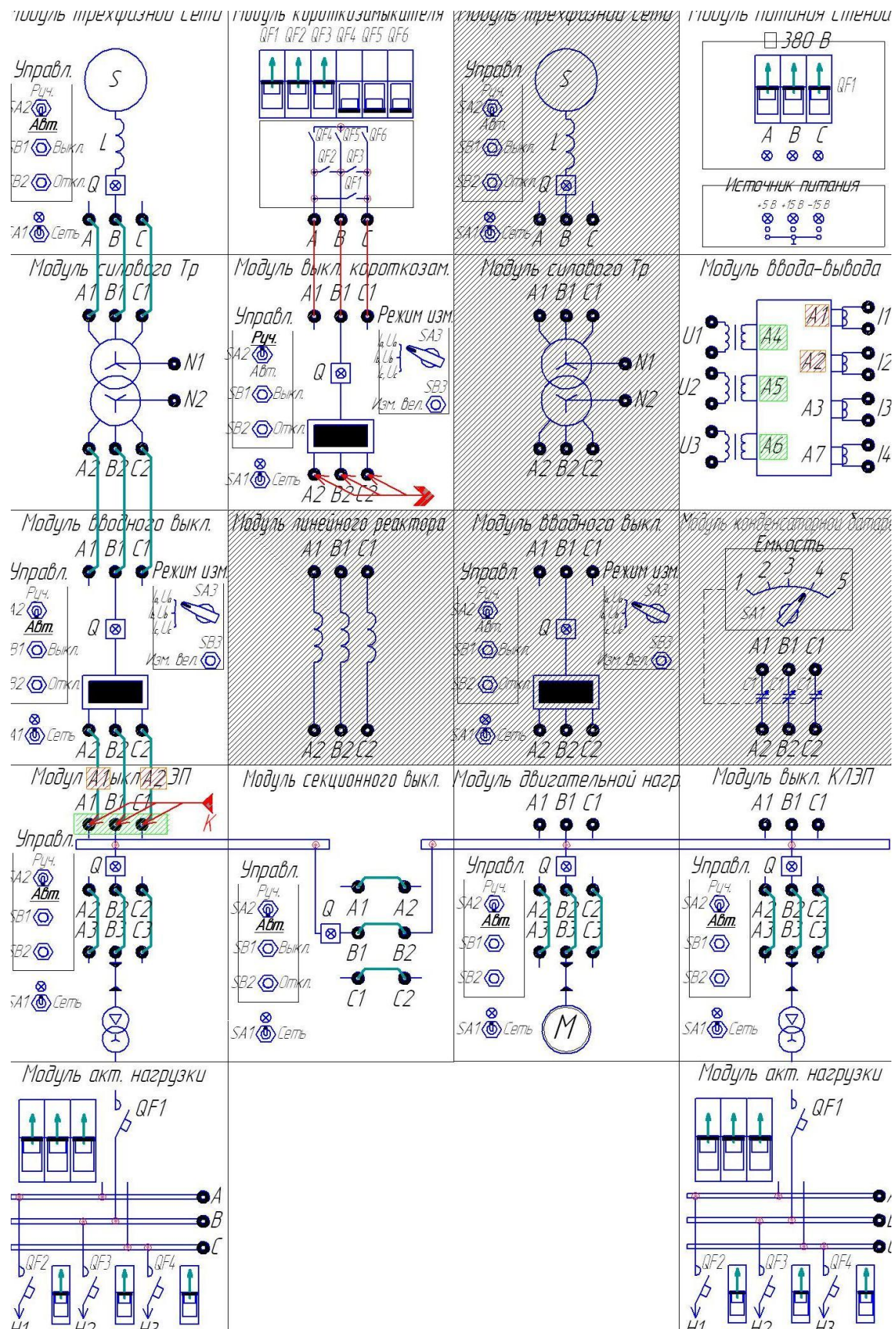


Рис. 3.1. Максимальная токовая защита с пуском по напряжению. Схема электромонтажная

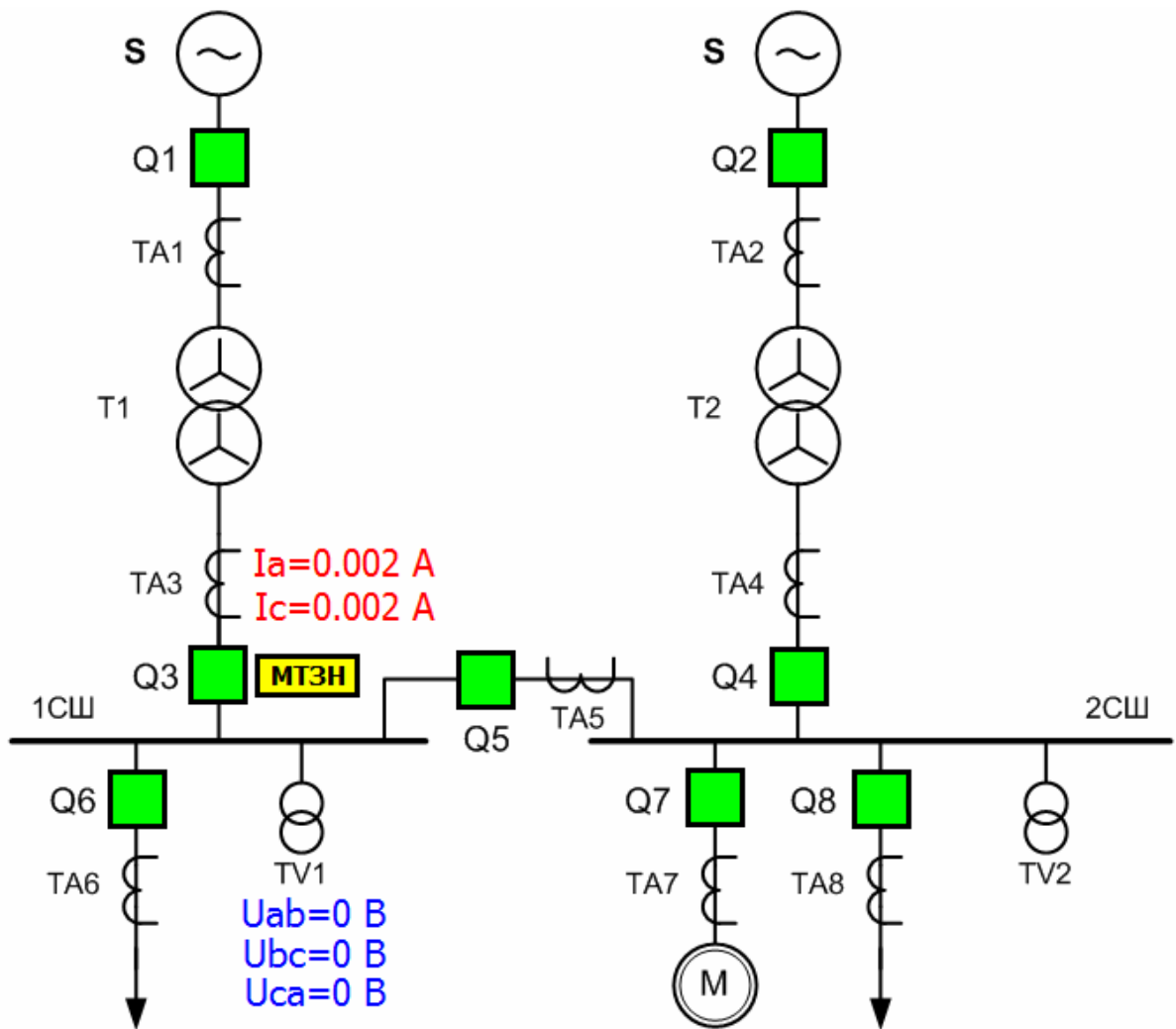


Рис. 3.2. Максимальная токовая защита с пуском по напряжению. Мнемосхема

Работа №4 Дифференциальная защита трансформатора

Цель работы:

- изучить принцип действия дифференциальной защиты трансформатора;
- изучить особенности дифференциальных защит трансформаторов, связанные с необходимостью выравнивания вторичных токов по величине;
- изучить особенности настройки параметров дифференциальных реле с торможением типа ДЗТ-11;

— исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 4 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения токов со стороны высокого и низкого напряжения силового трансформатора на первой секции сборных шин (канал А1 к фазе А со стороны ВН, А2 к фазе А со стороны НН). Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателя кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».
- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск — Программы — Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы — Релейная защита и автоматика — Работа №04 Дифференциальная защита трансформатора».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту ДЗТ в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗТ», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»),
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить

выключатели Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов, пропорциональные токам первичной I1 и вторичной I2 обмоток защищаемого трансформатора. Занести данные значения в таблицу 4.1.

б) Создать внешнее трехфазное короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. Определить значения токов первичной и вторичной обмоток трансформатора в режиме внешнего короткого замыкания $I_{1К}$ и $I_{2К}$. Занести данные значения в таблицу 4.1. Отключить выключатель короткозамыкателя.

Таблица 4.1.

| Параметр | Значение |
|--|----------|
| Ток нагрузки со стороны ВН I1, А | |
| Ток нагрузки со стороны НН I2, А | |
| Ток внешнего короткого замыкания со стороны ВН $I_{1К}$, А | |
| Ток внешнего короткого замыкания со стороны НН $I_{2К}$, А | |
| Ток срабатывания реле I_{CP} , А | |
| Число витков 2 уравнивающей обмотки $\omega_{осн.} = \omega_{ур. 2}$ | |
| Число витков 1 уравнивающей обмотки $\omega_{неосн.} = \omega_{ур. 1}$ | |
| Расчетное значение тока небаланса $I_{НБ.РАСЧ}$, А | |
| Число витков тормозной обмотки $\omega_{торм.}$ | |

7) Рассчитать ток срабатывания реле по формуле: $I_{CP} = \frac{k_{отстр.} \cdot I_2}{n_{ТА1}}$

Коэффициент отстройки $k_{отстр.}$ принять равным 1,5;

Коэффициент трансформации $n_{ТА1}$ трансформатора тока ТА1 принять равным 0,1.

Занести значение тока срабатывания реле в таблицу 1.4.

8) Определить расчетное число витков 2^й уравнивающей обмотки для основной стороны (сторона НН) по формуле: $\omega_{осн. расч.} = \frac{100}{I_{CP}}$.

Выбрать число витков 2^й уравнильной обмотки $\omega_{осн.} = \omega_{ур. 2}$, как ближайшее целое значение, занести его в таблицу 1.4.

9) Определить расчетное число витков 1^й уравнильной обмотки для неосновной стороны (сторона ВН) по формуле:

$$\omega_{неосн.осн.} = \frac{\omega_{осн.расч.} \cdot I_{осн.}}{I_{неосн.}} = \omega_{осн.расч.} \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

Выбрать число витков 1^й уравнильной обмотки $\omega_{неосн.} = \omega_{ур. 1}$ как ближайшее меньшее целое значение, занести его в таблицу 1.4.

10) Определить расчетное значение тока небаланса по формуле:

$$I_{НБ.РАСЧ.} = I'_{НБ} + I''_{НБ} = (I_{1К} - I_{2К}) + \frac{\omega_{неосн.расч.} - \omega_{неосн.}}{\omega_{неосн.}} \cdot I_{2К}$$

Занести данное значение в таблицу 1.4.

11) Определить расчетное число витков тормозной обмотки по формуле:

$$\omega_{торм.расч.} = k_{отстр.} \cdot \frac{I_{НБ.РАСЧ.} \cdot \omega_{неосн.расч.}}{I_{2К} \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

Принять $\operatorname{tg} \alpha = 0,75$

Коэффициент отстройки $k_{отстр.}$ принять равным 1,5;

Выбрать число витков тормозной обмотки $\omega_{торм.}$ как ближайшее целое из возможных значений уставок реле ДЗТ-11, занести его в таблицу 1.4.

12) В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗТ») задать рассчитанные значения чисел витков тормозной и уравнильных обмоток. Перевести защиту в режим действия на отключение.

13) Создать внешнее короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. Убедится в том, что защита не срабатывает при внешнем коротком замыкании. Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на стороне НН силового трансформатора первой секции сборных

шин (клеммы А2, В2, С2 модуля силового трансформатора). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

14) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, защита срабатывает, отключая выключатели Q1 и Q3.

15) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

16) Сделать выводы о селективности действия защиты. Объяснить, почему защита не срабатывает при внешнем коротком замыкании несмотря на значительное увеличение тока. Оформить отчет по лабораторной работе.

Примечание: Для грубого выравнивания вторичных токов измерительных трансформаторов тока ТА1 и ТА3 можно использовать различные коэффициенты трансформации, значения которых доступны в окне настроек защиты. Это может потребоваться в случаях, когда неравенство токов плеч дифференциальной защиты невозможно компенсировать только выбором соответствующего числа витков уравнивающих обмоток.

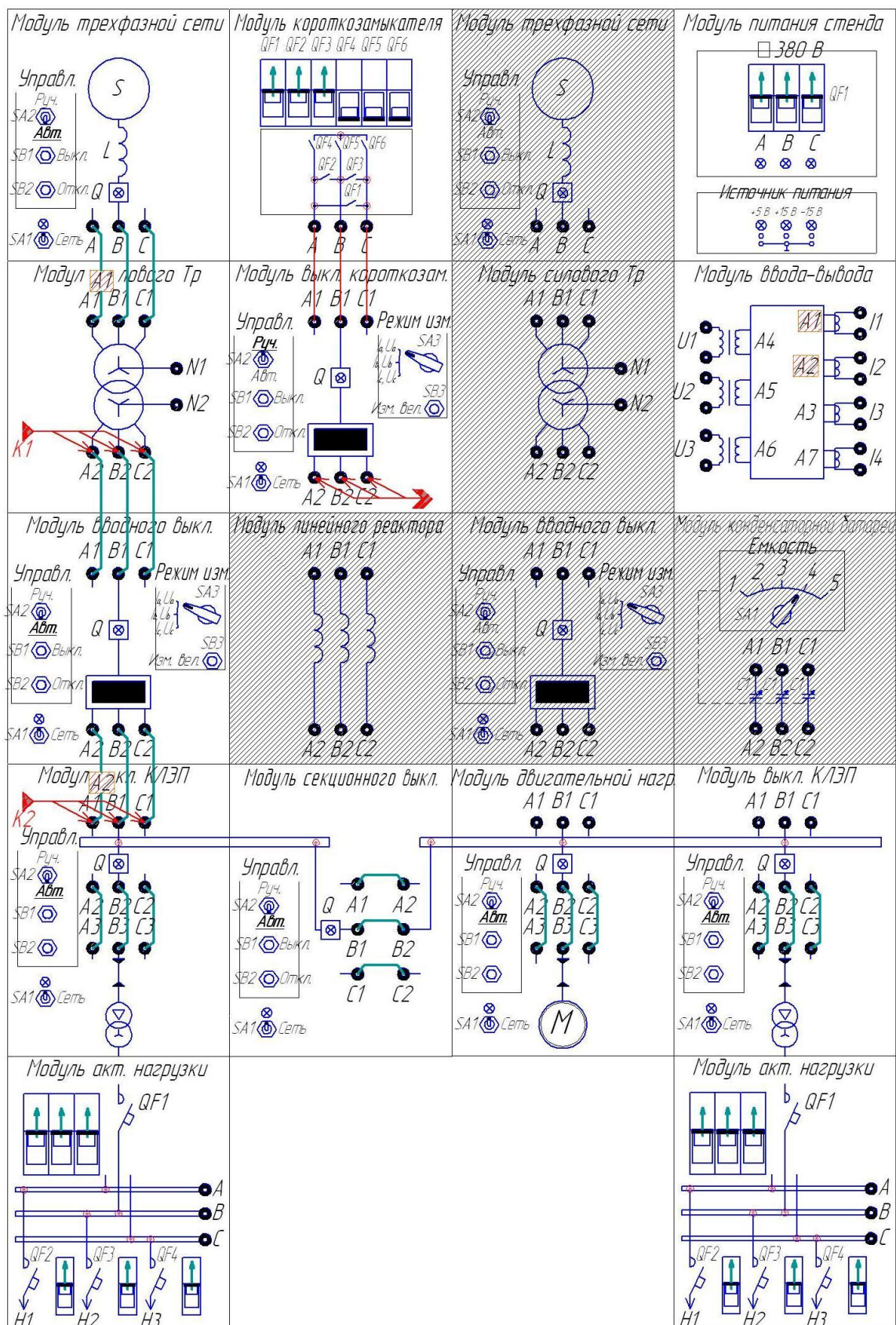


Рис. 4.1. Дифференциальная защита трансформатора. Схема электромонтажная

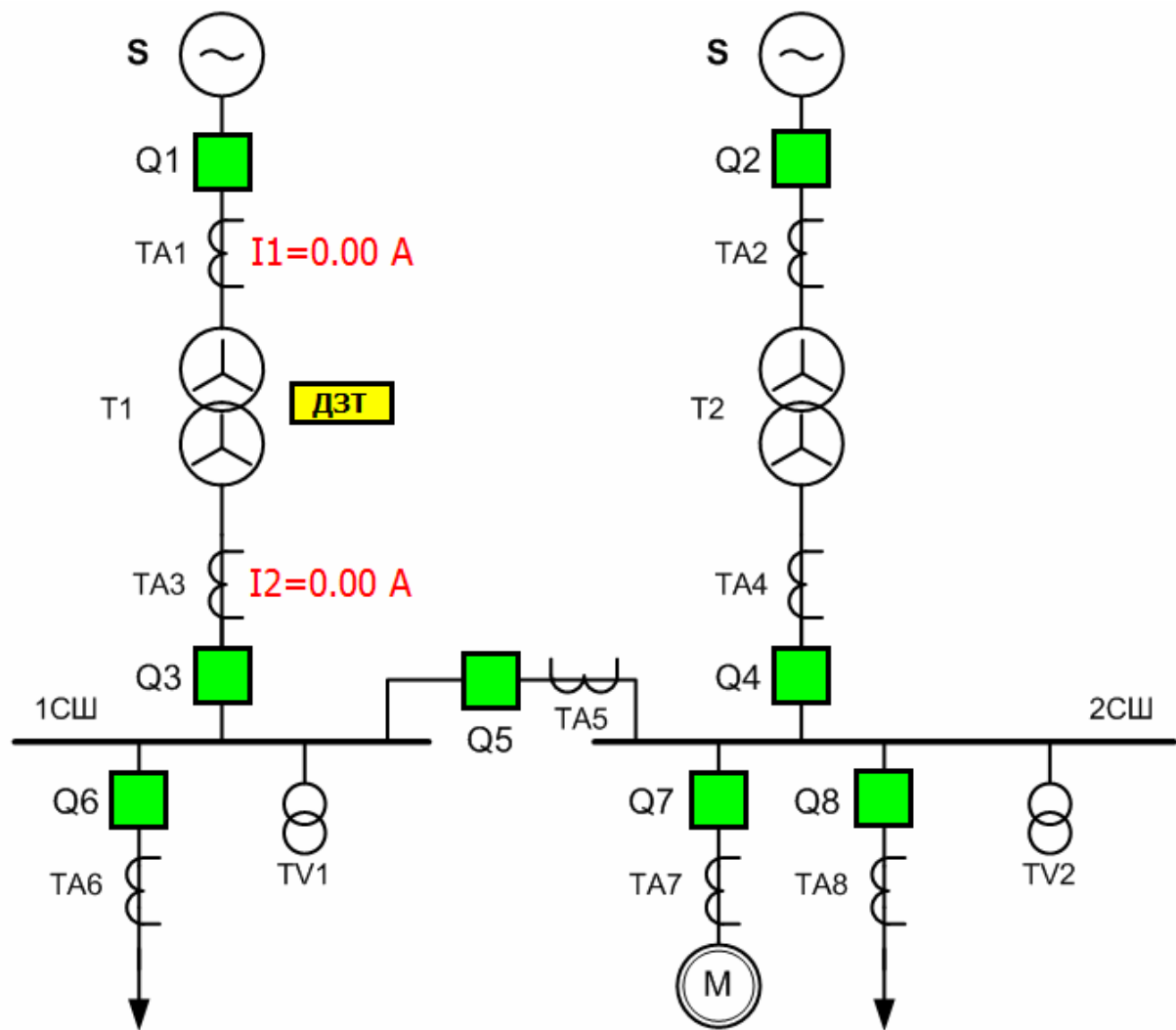


Рис. 4.2. Дифференциальная защита трансформатора. Мнемосхема

Работа №5 Токовая защита трансформатора

Цель работы:

- изучить особенности расчета установок, селективности и зоны срабатывания токовой отсечки и максимальной токовой защиты трансформатора;
- изучить особенности расчета установок защиты от перегрузки силового трансформатора.

Порядок выполнения работы:

1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 5 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Для снижения токов короткого замыкания, между модулем трехфазной сети и модулем силового трансформатора необходимо включить модуль линейного реактора LR. Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения фазных токов со стороны высокого напряжения силового трансформатора на первой секции сборных шин (канал A1 к фазе А, А2 к фазе С). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам A1, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателя кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы — Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы — Релейная защита и автоматика - Работа №05 Токовая защита трансформатора».

3) В программе «DeltaProfi» перевести защиты ТО, МТ31, МТ32 в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольниках «ТО», «МТ31», «МТ32», в диалоговых окнах установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).

4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5.

ТОКОВАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРА БЕЗ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить

выключатели Q3, Q5, Q6 и Q8. При этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.

6) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{КЗ}$, пропорциональное току короткого замыкания. Отключить короткое замыкание. Рассчитать ток срабатывания отсечки по формуле:

$$I_{с.з.} = I_{КЗ} \cdot k_{отс.}$$

Коэффициент отстройки принять равным $k_{отс.} = 1,2$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ТО») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

7) Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{раб. max}$, пропорциональное максимальному току нагрузки силового трансформатора. Рассчитать ток срабатывания защиты МТ31 по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_3}{k_6} \cdot I_{раб. max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_3 = 1$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_6 = 0,95$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ31») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое закрыть.

8) Отключить выключатель Q5. Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{раб.}$, пропорциональное току нагрузки силового трансформатора в нормальном режиме. Рассчитать ток срабатывания защиты МТ32 по формуле:

$$I_{с.з.} = I_{КЗ} \cdot k_{отс.}$$

Коэффициент отстройки принять равным $k_{отс.} = 1,1$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ32») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

9) Перевести защиты «ТО» и «МТ31» в режим действия на отключение (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольниках «ТО» и «МТ31», в диалоговых окнах установить переключатель «Режим работы» в положение «отключение»). Включить выключатель Q5.

10) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает вторая ступень защиты - «МТ31», отключающая выключатель Q1 с выдержкой времени, заданной по условиям селективности. Сбросить состояние указательного реле «МТ31».

11) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на стороне ВН силового трансформатора первой секции сборных шин (выводы А1, В1, С1 модуля силового трансформатора). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, и Q8.

12) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает первая ступень защиты - «ТО», отключающая выключатель Q1 без выдержки времени. Сбросить состояние указательного реле «ТО». Отключить выключатель короткозамыкателя. Включить выключатель Q1.

13) Перевести защиту «МТ32» в режим действия на отключение. При правильно выбранных уставках с выдержкой времени сработает третья ступень защиты — защита от перегрузки «МТ32».

Примечание: в опыте «Перегрузка трансформатора» ток $I_{\text{раб. max}}$ считаем током перегрузки.

ТОКОВАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

5.1.) Перевести защиты ТО, МТ31, МТ32 в режим работы «действие на сигнал». Дистанционно включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

При этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.

6.1.) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{КЗ}$, пропорциональное току короткого замыкания. Отключить короткое замыкание. Рассчитать ток срабатывания отсечки по формуле:

$$I_{С.З.} = I_{КЗ} \cdot k_{отс.}$$

Коэффициент отстройки принять равным $k_{отс.} = 1,2$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ТО») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

7.1.) Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{раб. \max}$, пропорциональное максимальному току нагрузки силового трансформатора. Рассчитать ток срабатывания защиты МТ31 по формуле:

$$I_{С.З.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_g} \cdot I_{раб. \max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1,25$.
Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_g = 0,95$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ31») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8.1.) Отключить выключатель Q5. Определить значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора тока ТА1 $I_{раб.}$, пропорциональное току нагрузки силового трансформатора в нормальном режиме. Рассчитать ток срабатывания защиты МТ32 по формуле:

$$I_{С.З.} = I_{КЗ} \cdot k_{отс.}$$

Коэффициент отстройки принять равным $k_{отс.} = 1,1$.

В настройках параметров защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ32») ввести рассчитанный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

9.1.) Перевести защиты «ТО» и «МТ31» в режим действия на отключение (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольниках «ТО» и «МТ31», в диалоговых окнах установить переключатель «Режим работы» в положение «отключение»). Включить выключатель Q5.

10.1.) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает вторая ступень защиты - «МТ31», отключающая выключатель Q1 с выдержкой времени, заданной по условиям селективности. Сбросить состояние указательного реле «МТ31».

11.1.) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на стороне ВН силового трансформатора первой секции сборных шин (выводы А1, В1, С1 модуля силового трансформатора). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

12.1.) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает первая ступень защиты - «ТО», отключающая выключатель Q1 без выдержки времени. Сбросить состояние указательного реле «ТО». Отключить выключатель короткозамыкателя. Включить выключатель Q1.

13.1.) После выхода электродвигателя на номинальный режим перевести защиту «МТ32» в режим действия на отключение (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ32», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «отключение»).

При правильно выбранных уставках с выдержкой времени сработает третья ступень защиты — защита от перегрузки «МТ32».

Примечание: в опыте «Перегрузка трансформатора» ток $I_{\text{раб. max}}$ считаем током перегрузки.

- 14) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.
- 15) Сделать выводы о селективности действия защит. Объяснить, почему при коротком замыкании на сборных шинах не срабатывает токовая отсечка. Оформить отчет по лабораторной работе.

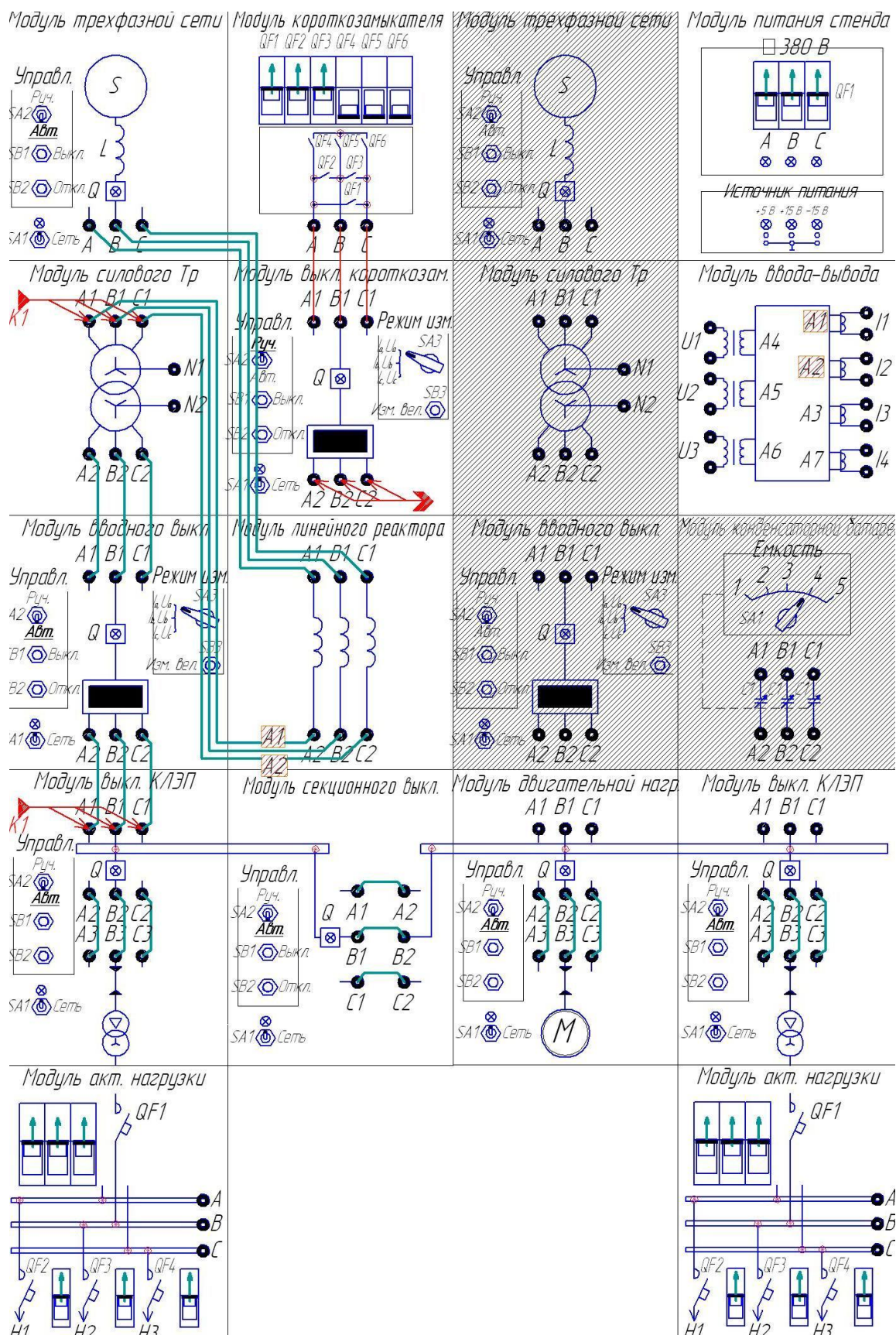


Рис. 5.1. Токовая защита трансформатора. Схема электромонтажная

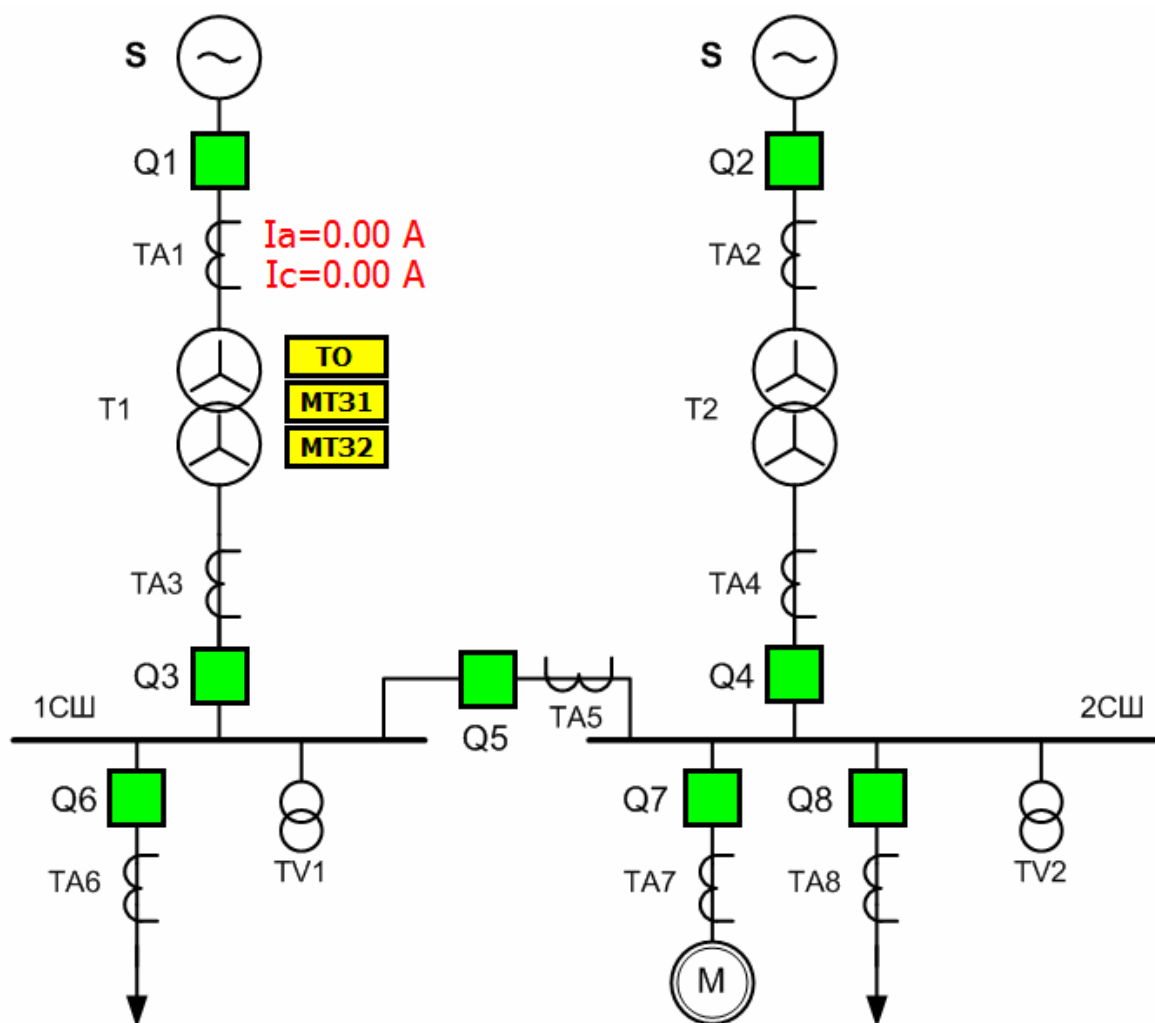


Рис. 5.2. Токовая защита трансформатора. Мнемосхема

Работа №6 Дифференциальная защита сборных шин

Цель работы:

- изучить принцип действия дифференциальной защиты шин;
- исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 6 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения токов фазы А со стороны вводного выключателя, секционного выключателя и выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. При подключении модуля ввода-вывода,

необходимо учитывать полярность датчиков тока, таким образом, чтобы в нормальном режиме работы сумма токов была близка к нулю. Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам A1, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП второй секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №06 Дифференциальная защита сборных шин».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗШ», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов в обмотках измерительных трансформаторов тока.
- 6) Открыть окно настройки защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗШ»). В таблицу 1.6 записать величину тока небаланса в обмотке дифференциального реле (см. группу «Измерения» в окне параметров защиты) в режиме нагрузки $I_{\text{неб.нагр.}}$.

Таблица 1.6

| Параметр | Значение |
|---|----------|
| Ток небаланса в режиме нагрузки $I_{\text{неб.нагр.}}, \text{А}$ | |
| Ток небаланса в режиме внешнего короткого замыкания $I_{\text{неб.внешн.}}, \text{А}$ | |
| Ток небаланса в режиме короткого замыкания шин $I_{\text{неб. шин.}}, \text{А}$ | |
| Ток небаланса в режиме запуска электродвигателя $I_{\text{неб.зап.}}, \text{А}$ | |
| Ток срабатывания защиты $I_{\text{сз}}, \text{А}$ | |

7) Создать внешнее короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. В таблицу 1.6 записать величину тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме внешнего короткого замыкания $I_{\text{неб.внешн.}}$. Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (клеммы А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

8) Создать короткое замыкание шин включением выключателя короткозамыкателя. В таблицу 1.6 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме короткого замыкания шин $I_{\text{неб. шин}}$. Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

9) Определить значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме запуска электродвигателя. Для чего включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7, Q8 и в таблицу 1.6 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме запуска электродвигателя. Выключить все выключатели. Отключить питание стенда.

10) Рассчитать ток срабатывания защиты по формуле: $I_{\text{сз.}} = I_{\text{неб.внешн.}} \cdot k_n$.

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 2,375$.

Обратить внимание на то, что полученное значение тока срабатывания защиты должно быть больше значения тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме внешнего короткого замыкания и в режиме запуска электродвигателя, но, в то же время, меньше значения тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме короткого замыкания шин. Ввести расчетный ток срабатывания защиты в диалоговом окне параметров защиты.

11) Перевести защиту в режим действия на отключение. При необходимости, сбросить состояние указательного реле защиты. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП второй секции сборных шин (клеммы А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. Убедится в том, что защита не срабатывает при внешнем трехфазном коротком замыкании. Отключить короткое замыкание.

12) Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на первой секции сборных шин (клеммы А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

13) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках защита срабатывает без выдержки времени, отключая выключатели Q3, Q5 и Q6, их цвет становится зеленым, а прямоугольник «ДЗШ» красным, что свидетельствует о срабатывании указательного реле защиты. Щелчок левой кнопкой мыши по прямоугольнику «ДЗШ» сбрасывает состояние указательного реле (аналогичный эффект достигается нажатием кнопки «Сброс» в диалоговом окне параметров защиты). Отключить короткое замыкание.

14) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

15) Сделать выводы о селективности действия защиты. Оформить отчет по лабораторной работе.

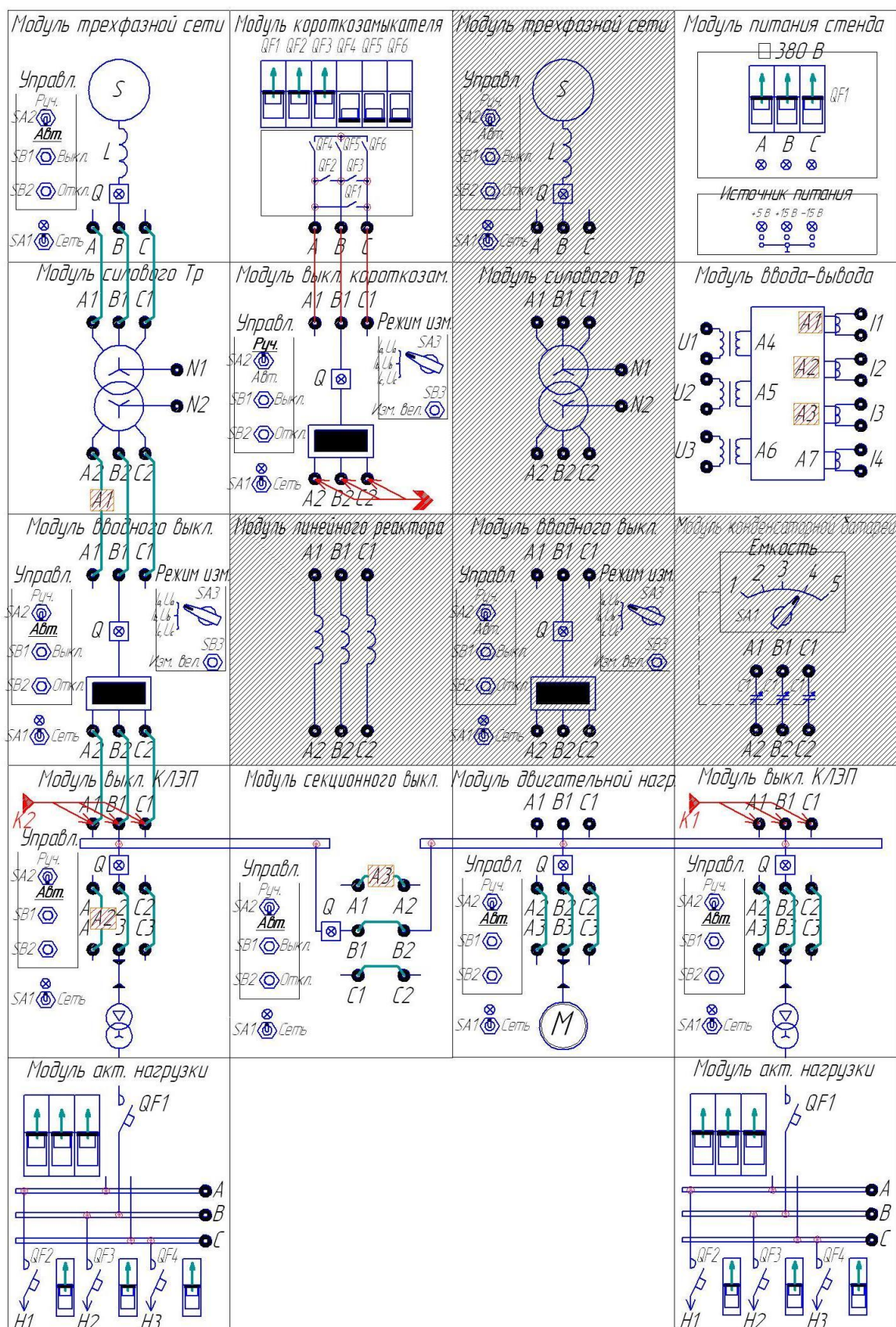


Рис. 6.1. Дифференциальная защита сборных шин. Схема электромонтажная

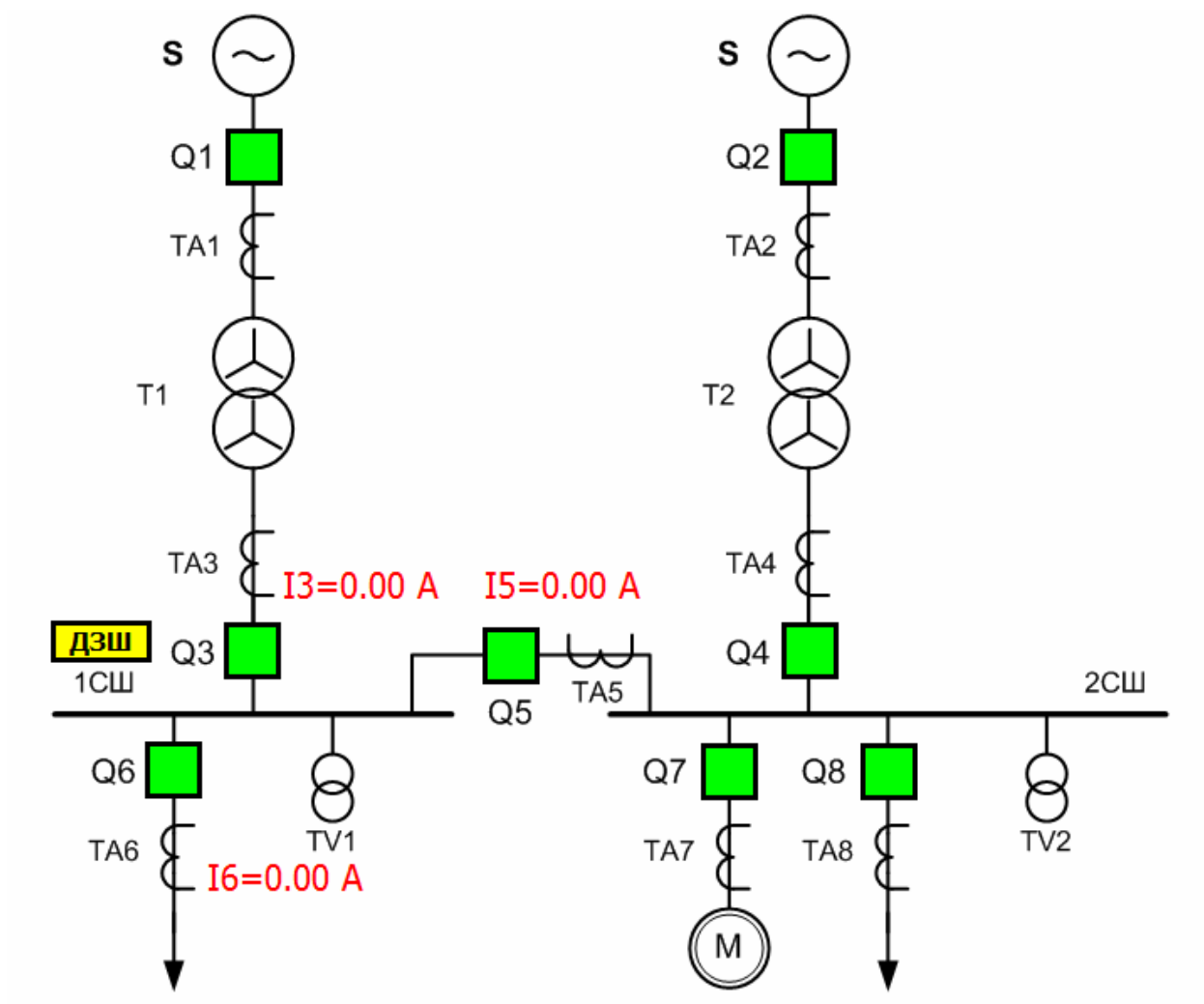


Рис. 6.2. Дифференциальная защита сборных шин. Мнемосхема

Работа №7 Логическая защита сборных шин

Цель работы:

- изучить принцип действия и область применения логической защиты сборных шин;
- исследовать факторы, влияющие на селективность и зону действия ЛЗШ.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 7 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения токов фаз А и С со стороны вводного

выключателя и выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам АЗ, ВЗ, СЗ модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск — Программы - Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №07 Логическая защита сборных шин».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиты MT31, MT32 в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «MT31», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3 и Q6. При этом, на мнемосхеме отображаются текущие значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.
- 6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА6, пропорциональное току нагрузки $I_{\text{раб. max}}$. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6.
- 7) Рассчитать ток срабатывания защиты MT32 по формуле:

$$I_{C.3.} = \frac{k_n \cdot k_3}{k_6} \cdot I_{paб. max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,15$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_3 = 1$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_6 = 0,95$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ32», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно можно закрыть.

8) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5. Включить выключатели Q5, Q7 и Q8. Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА3, пропорциональное току нагрузки ввода №1 $I_{вв. max}$. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

9) Рассчитать ток срабатывания защиты МТ31 по формуле:

$$I_{C.3.} = \frac{k_n \cdot k_3}{k_6} \cdot I_{св. max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,15$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_3 = 1,75$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_6 = 0,95$.

1. Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ31», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно можно закрыть.

10) Рассчитать выдержки времени срабатывания защит МТ31 и МТ32 в соответствии со ступенчатым принципом обеспечения селективности действия. Задать полученные выдержки времени в диалоговых окнах настройки параметров защит.

11) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5. Перевести защиты МТ31 и МТ32 в режим действия на отключение. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных

уставках, с выдержкой времени срабатывает защита МТЗ2, отключая выключатель Q6.

12) Отключить короткое замыкание. Сбросить указательное реле защиты МТЗ2. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на первой секции сборных шин (клеммы А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7и Q8.

.

13) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, мгновенно по цепи ускорения срабатывает защита МТЗ1, отключая выключатель Q3.

14) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

15) Сделать выводы о селективности действия защиты, объяснить, почему время срабатывания защиты МТЗ1 зависит от места повреждения. Оформить отчет по лабораторной работе.

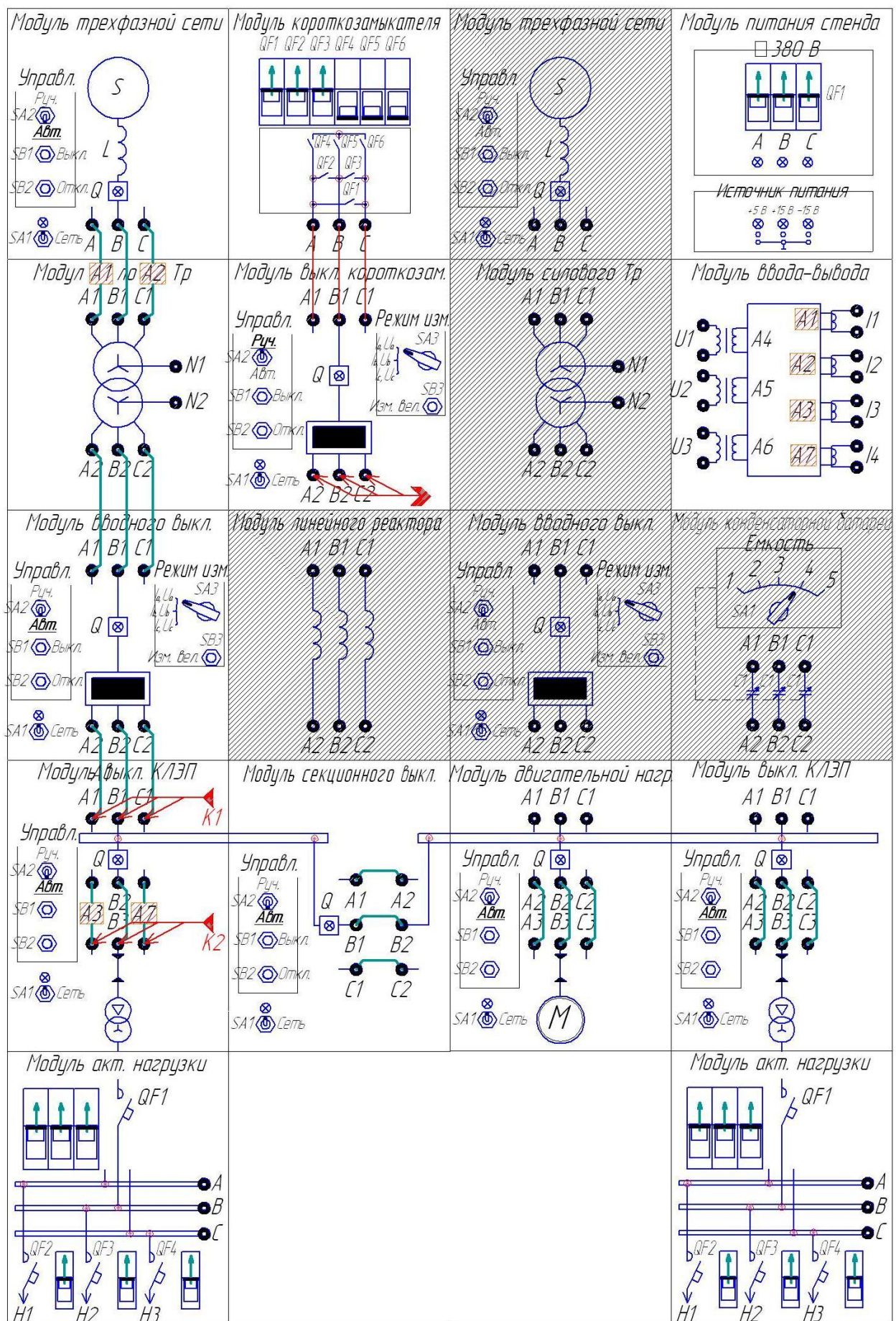


Рис. 7.1. Логическая защита сборных шин. Схема электромонтажная

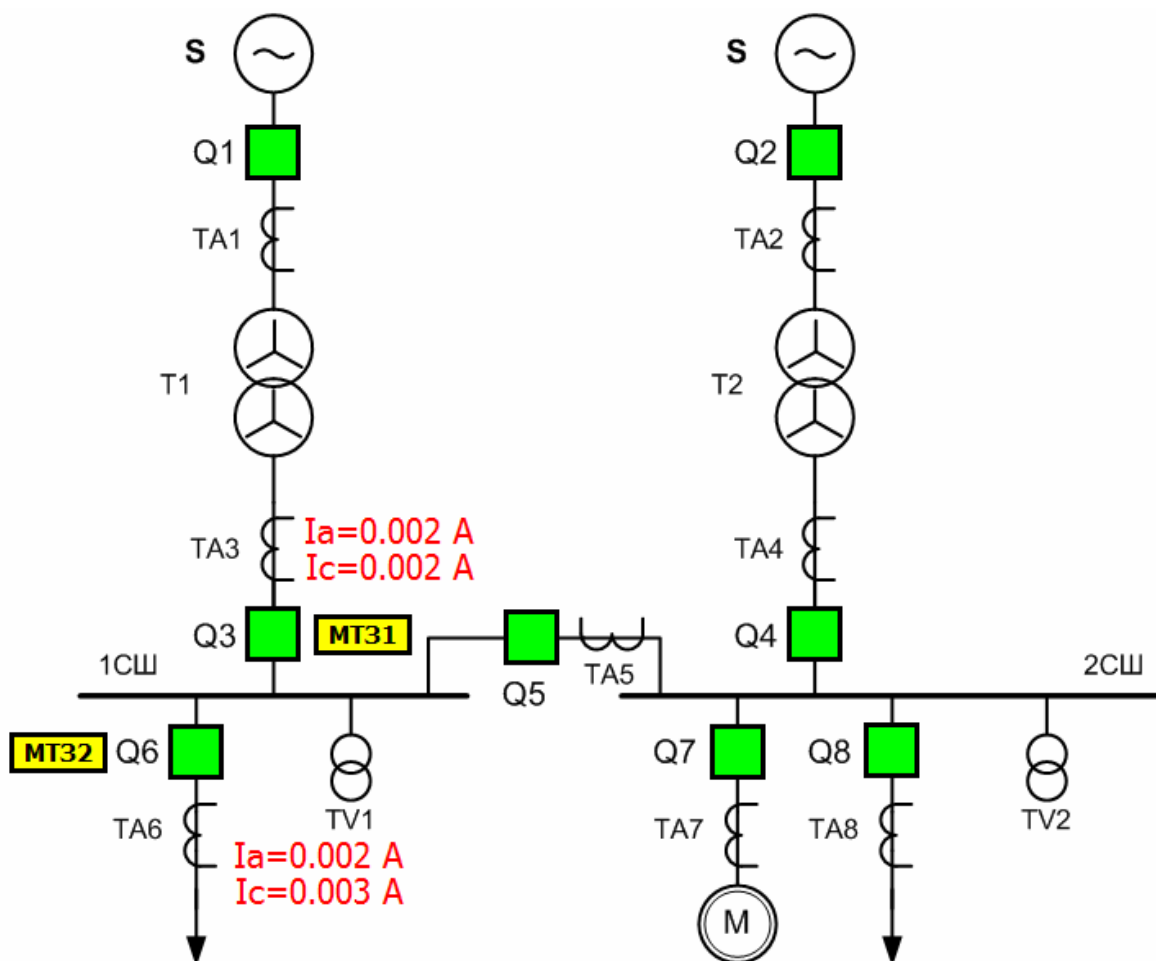


Рис. 7.2. Логическая защита сборных шин. Мнемосхема

Работа №8 Автоматическое повторное включение линии электропередачи

Цель работы:

- изучить алгоритмы работы устройств АПВ на линиях с односторонним питанием;
- изучить особенности взаимодействия устройств АПВ и релейной защиты;
- изучить принципы расчета установок АПВ линий электропередач с односторонним питанием.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 8 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения токов фаз А и С со стороны выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам АЗ, ВЗ, СЗ модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».
- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №08 АПВ линии электропередачи».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту МТЗ1 в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗ1», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»). Перевести АПВ в режим работы «отключено» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «АПВ», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «отключено»).
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный - включен). Аналогичным образом включить выключатель Q3. Включить выключатель Q6 переводом ключа управления

выключателем SB6 в положение «вкл.». При этом, на мнемосхеме отображаются текущие значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока и напряжения.

6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА6, пропорциональное току нагрузки линии электропередачи $W1 I_{\text{раб.мах.}}$.

Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

7) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗ1 по формуле:

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_e} \cdot I_{\text{раб.мах}}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_e = 0,95$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗ1», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8) Открыть диалоговое окно настройки параметров АПВ (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «АПВ»). Установить переключатель «кратность действия» в положение «двухкратное». Переключатель «Ускорение действия релейной защиты» в положение «отключено».

9) Перевести защиту МТЗ1 в режим действия на отключение. Перевести АПВ в режим работы «включено». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

10) Проверить работу АПВ при самоустраняющемся коротком замыкании. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках защита срабатывает с заданной выдержкой времени, отключая выключатель Q6, его цвет становится зеленым, а прямоугольник «МТЗ1» красным, что свидетельствует о срабатывании указательного реле защиты. Щелчок левой кнопкой мыши по прямоугольнику «МТЗ1» сбрасывает состояние указательного реле

(аналогичный эффект достигается нажатием кнопки «Сброс» в диалоговом окне параметров защиты). СРАЗУ ПОСЛЕ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ отключить короткое замыкание! АПВ с выдержкой времени подает команду на включение выключателя Q6. Восстанавливается нормальный режим работы. Сбросить состояние указательного реле МТЗ1 и АПВ.

11) Проверить автоматический возврат АПВ. Для этого, повторить предыдущий пункт 3-4 раза. АПВ должно срабатывать в каждом случае.

12) Проверить работу АПВ при устойчивом коротком замыкании.

Для этого, создать короткое замыкание. МТЗ с заданной выдержкой времени, отключает выключатель Q6, его цвет становится зеленым, а прямоугольник «МТЗ» красным, что свидетельствует о срабатывании указательного реле защиты. АПВ с выдержкой времени 1 ступени включает выключатель Q6. МТЗ с заданной выдержкой времени снова отключает выключатель Q6. АПВ с выдержкой времени 2 ступени снова включает выключатель Q6. МТЗ с заданной выдержкой времени снова отключает выключатель Q6. Дальнейшая работа АПВ блокируется.

13) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

14) Оформить отчет по лабораторной работе.

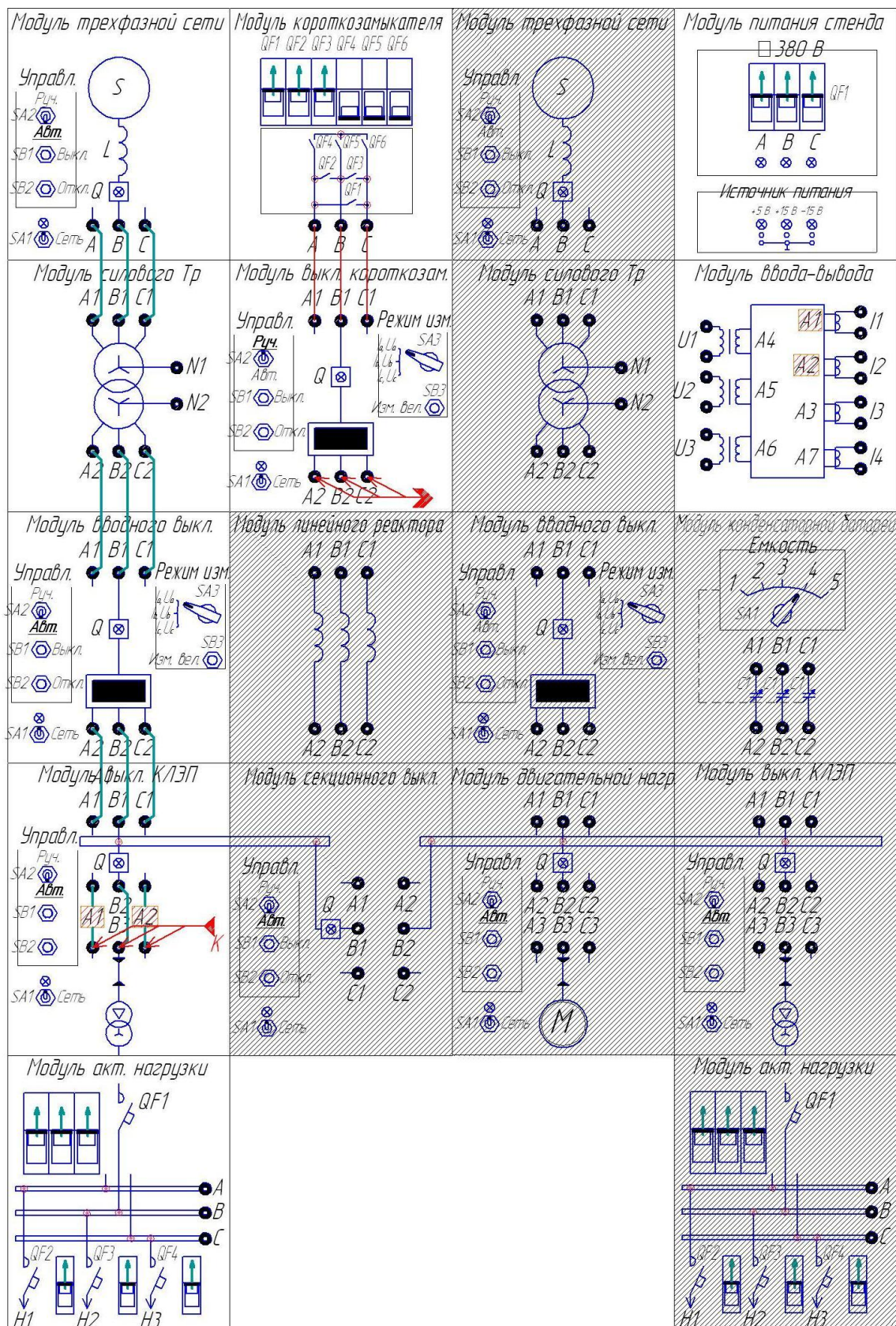


Рис. 8.1. Автоматическое повторное включение линии электропередачи.
Схема электромонтажная

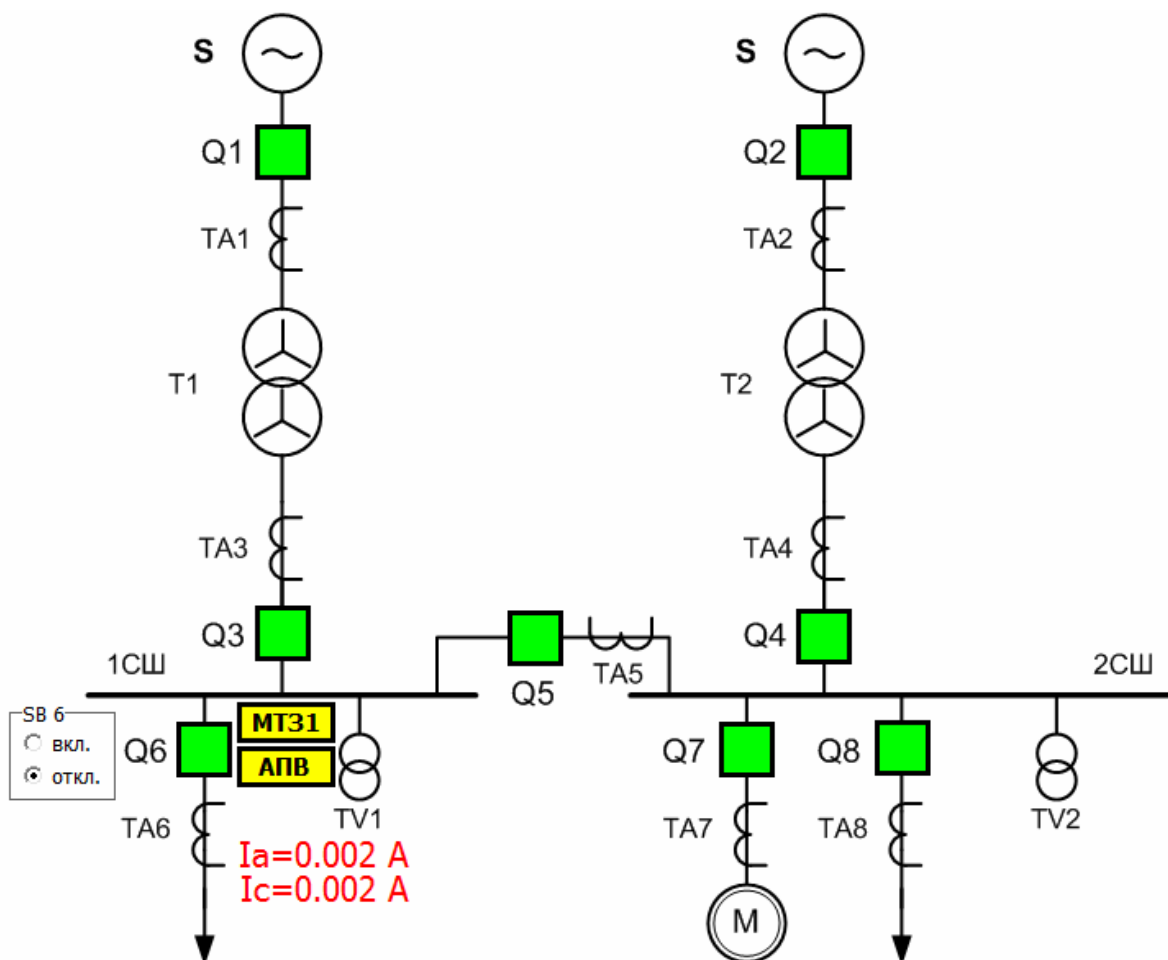


Рис. 8.2. Автоматическое повторное включение линии электропередачи.
Мнемосхема

Работа №9 Автоматическое повторное включение сборных шин

Цель работы:

- изучить особенности работы устройств автоматического повторного включения шин;
- изучить особенности взаимодействия устройств АПВ шин и устройств релейной защиты.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 9 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения токов фазы А со стороны вводного выключателя, секционного выключателя и выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам A1, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП второй секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».
- 2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы — Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №09 АПВ сборных шин».
- 3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту ДЗШ в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗШ», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»). Перевести АПВШ в режим работы «отключено» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «АПВШ», в диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «отключено»),
- 4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.
- 5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов в обмотках измерительных трансформаторов тока.

6) Открыть окно настройки защиты (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «ДЗШ»), В таблицу 1.9 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле (см. группу «Измерения» в окне параметров защиты) в режиме нагрузки $I_{\text{неб.нагр.}}$.

Таблица 1.9.

| Параметр | Значение |
|---|----------|
| Ток небаланса в режиме нагрузки $I_{\text{неб.нагр.}}$, А | |
| Ток небаланса в режиме внешнего короткого замыкания $I_{\text{неб.внешн.}}$, А | |
| Ток небаланса в режиме короткого замыкания шин $I_{\text{неб. шин.}}$, А | |
| Ток небаланса в режиме запуска электродвигателя $I_{\text{неб.зап.}}$, А | |
| Ток срабатывания защиты $I_{\text{сз}}$, А | |

7) Создать внешнее короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. В таблицу 1.9 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме внешнего короткого замыкания $I_{\text{неб.внешн.}}$. Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (клеммы А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

8) Создать короткое замыкание шин включением выключателя короткозамыкателя. В таблицу 1.9 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме короткого замыкания шин $I_{\text{неб. шин}}$. Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

9) Определить значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме запуска электродвигателя. Для чего включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7, Q8 и в таблицу 1.9 записать значение тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме запуска электродвигателя. Выключить все выключатели. Отключить питание стенда.

10) Рассчитать ток срабатывания защиты по формуле: $I_{\text{сз}} = I_{\text{неб.внешн.}} \cdot k_n$.

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 2,375$.

Обратить внимание на то, что полученное значение тока срабатывания защиты должно быть больше значения тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме внешнего короткого замыкания и в режиме запуска электродвигателя, но, в то же время, меньше значения тока небаланса в обмотке дифференциального реле в режиме короткого замыкания шин. Ввести расчетный ток срабатывания защиты в диалоговом окне параметров защиты.

11) Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

12) Перевести защиту в режим действия на отключение. При необходимости, сбросить состояние указательного реле защиты. Перевести АПВШ в режим работы «включено».

13) Провести испытания АПВ шин при самоустраняющемся коротком замыкании. Для этого создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках защита срабатывает без выдержки времени, отключая выключатели Q3, Q6 и Q5, их цвет становится зеленым, а прямоугольник «ДЗШ» красным, что свидетельствует о срабатывании указательного реле защиты. СРАЗУ ПОСЛЕ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ

отключить короткое замыкание. АПВ с выдержкой времени включает выключатели всех присоединений. Щелчком левой кнопки мыши по прямоугольникам «ДЗШ» и «АПВШ» сбросить состояние указательных реле (аналогичный эффект достигается нажатием кнопки «Сброс» в диалоговом окне параметров защиты и автоматики).

14) Проверить учет положения ключей управления выключателями. Для этого, подать команду на отключение* выключателя Q5. Создать короткое замыкание. При правильно выбранных уставках защита срабатывает без выдержки времени, отключая выключатели Q3 и Q6. СРАЗУ ПОСЛЕ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ отключить короткое замыкание. АПВ с выдержкой времени включает выключатели отключенные действием ДЗШ. Обратить внимание, что выключатель Q5, находившийся в отключенном состоянии, не включается действием АПВ. Щелчком левой кнопки мыши по прямоугольникам «ДЗШ» и «АПВШ» сбросить состояние указательных реле

(аналогичный эффект достигается нажатием кнопки «Сброс» в диалоговом окне параметров защиты и автоматики).

15) Провести испытания АПВ шин при устойчивом коротком замыкании. Для этого, создать короткое замыкание. При правильно выбранных уставках защита срабатывает без выдержки времени, отключая выключатели Q3 и Q6. АПВ с выдержкой времени включает выключатель Q3, при этом возникает ток короткого замыкания и выключатель Q3 отключается действием ДЗШ. Дальнейшая работа АПВ блокируется.

16) Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП второй секции сборных шин (клеммы A1, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП). Включить питание стенда. Включить выключатели Q1, Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8.

Создать короткое замыкание шин включением выключателя короткозамыкателя.

При правильно выбранных уставках защита не срабатывает.

17) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

18) Оформить отчет по лабораторной работе.

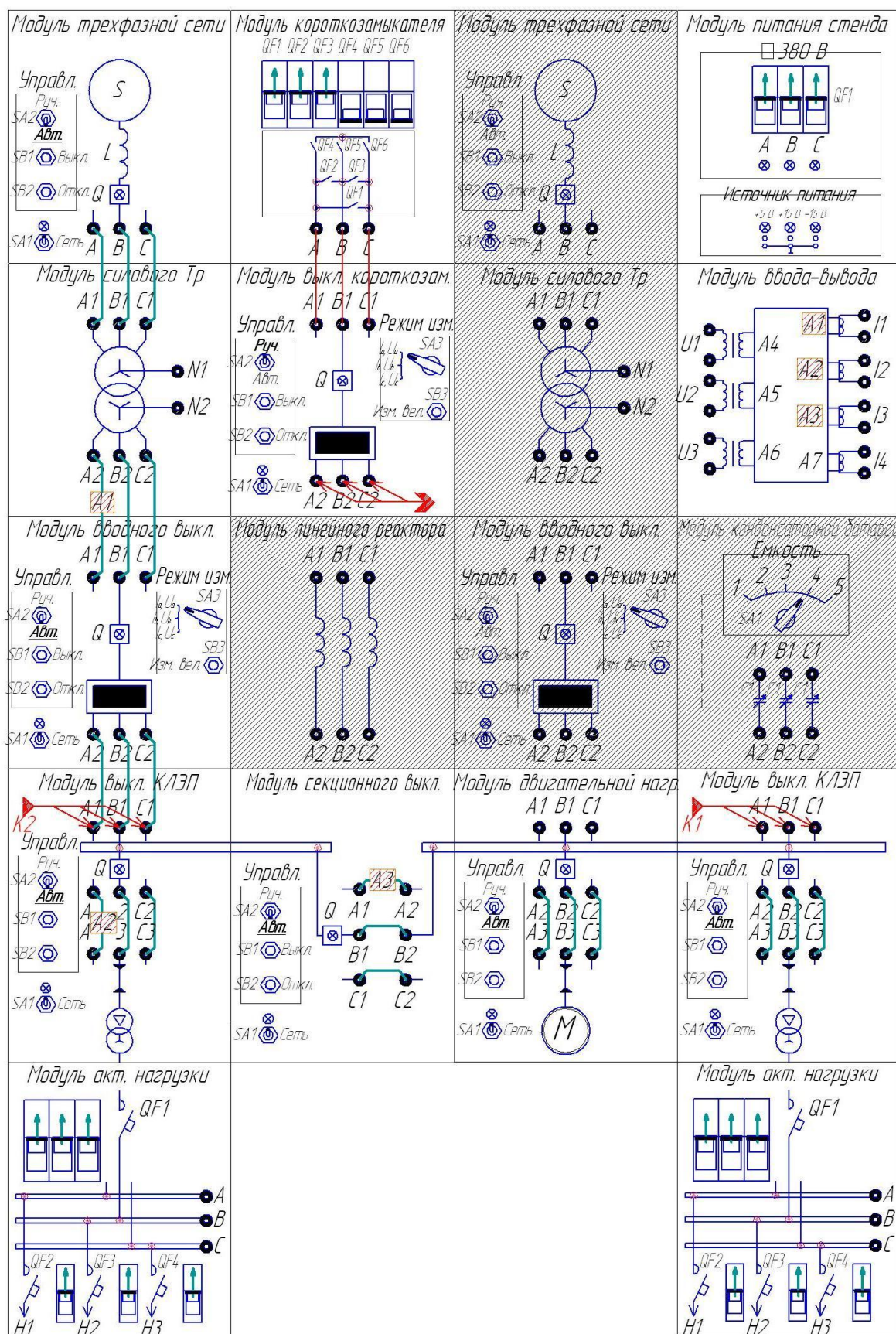


Рис. 9.1. Автоматическое повторное включение сборных шин. Схема электромонтажная

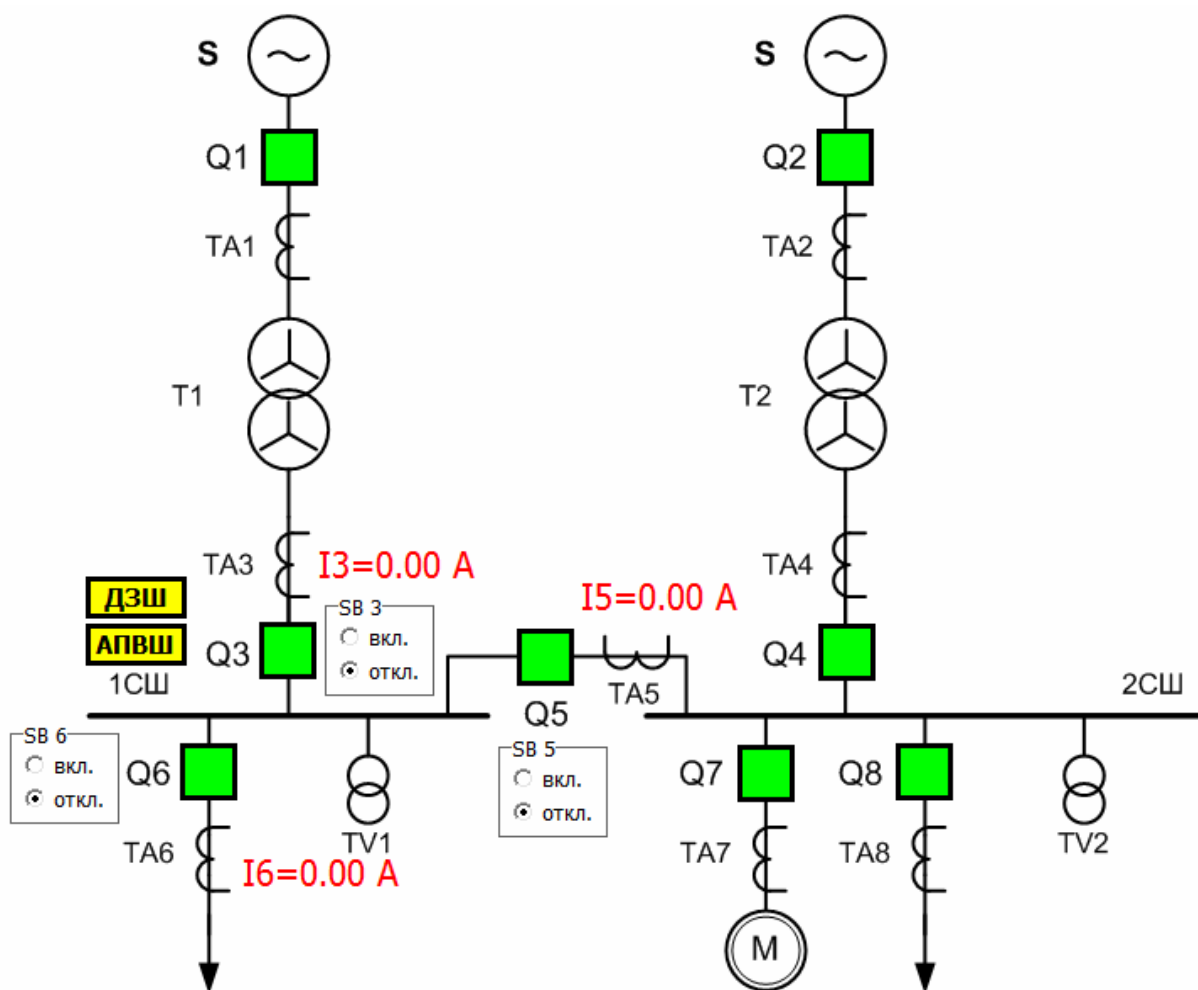


Рис. 9.2. Автоматическое повторное включение сборных шин. Мнемосхема

Работа №10 Автоматическое включение резерва секционного выключателя

Цель работы:

— изучить принцип действия и особенности работы устройств автоматического включения резерва секционного выключателя.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 10 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля

ввода- вывода для измерения токов фаз А и С со стороны вводных выключателей первой и второй секции сборных шин (каналы А1, А2 для измерения токов ввода первой секции сборных шин, каналы А3, А7 для измерения токов ввода второй секции сборных шин), а также измерения линейных напряжений первой и второй секций сборных шин (каналы А4 и А5 соответственно). Модуль выключателя короткозамыкателя QK3 с одной стороны подключить к модулю короткозамыкателя, а с другой стороны — к клеммам А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №10 АВР секционного выключателя».

3) В программе «DeltaProfi» перевести защиты MT31, MT32 в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «MT31», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).

4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику с всплывающей подсказкой «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3, Q6, Q5, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются текущие значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока и напряжения.

6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА3, пропорциональное току нагрузки ввода №1 $I_{\text{раб. max}}$.

Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

7) Рассчитать ток срабатывания защиты по формуле:

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_n \cdot k_3}{k_e} \cdot I_{\text{раб. max}}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,1$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_3 = 1,4$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_e = 0,95$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ31», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть. Аналогичным образом, ввести ток срабатывания защиты МТ32.

8) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5. Перевести защиты МТ31 и МТ32 в режим действия на отключение. Отключить выключатель Q5. Включить выключатели Q2 и Q4. Режим работы АВРСВ изменить на значение «включено».

9) Проверить действие АВР при исчезновении напряжения на первой секции шин. Для этого дистанционно отключить вводной выключатель Q3 щелчком левой кнопки мыши по изображению выключателя на мнемосхеме. АВР срабатывает и включает секционный выключатель Q5.

10) Восстановить нормальный режим работы. Для этого, сбросить состояние указательного реле АВРСВ (одинарный щелчок левой кнопкой мыши по прямоугольнику АВРСВ на мнемосхеме ПК), вывести АВР из работы (перевести переключатель «Режим работы» в положение «отключено» в окне настройки параметров АВРСВ), дистанционно отключить выключатель Q5 и включить выключатель Q3, ввести АВР в работу (перевести переключатель «Режим работы» в положение «включено» в окне настройки параметров АВРСВ).

11) Проверить действие АВР при исчезновении напряжения на второй секции шин. Для этого дистанционно отключить вводной выключатель Q4

щелчком левой кнопки мыши по изображению выключателя на мнемосхеме. АВР срабатывает и включает секционный выключатель Q5. Восстановить нормальный режим работы в соответствии с рекомендациями п.10.

12) Проверить действие АВР при исчезновении напряжения на первой секции шин по причине короткого замыкания на первой секции шин. Для этого, создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя.

13) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление — Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

14) Оформить отчет по лабораторной работе.

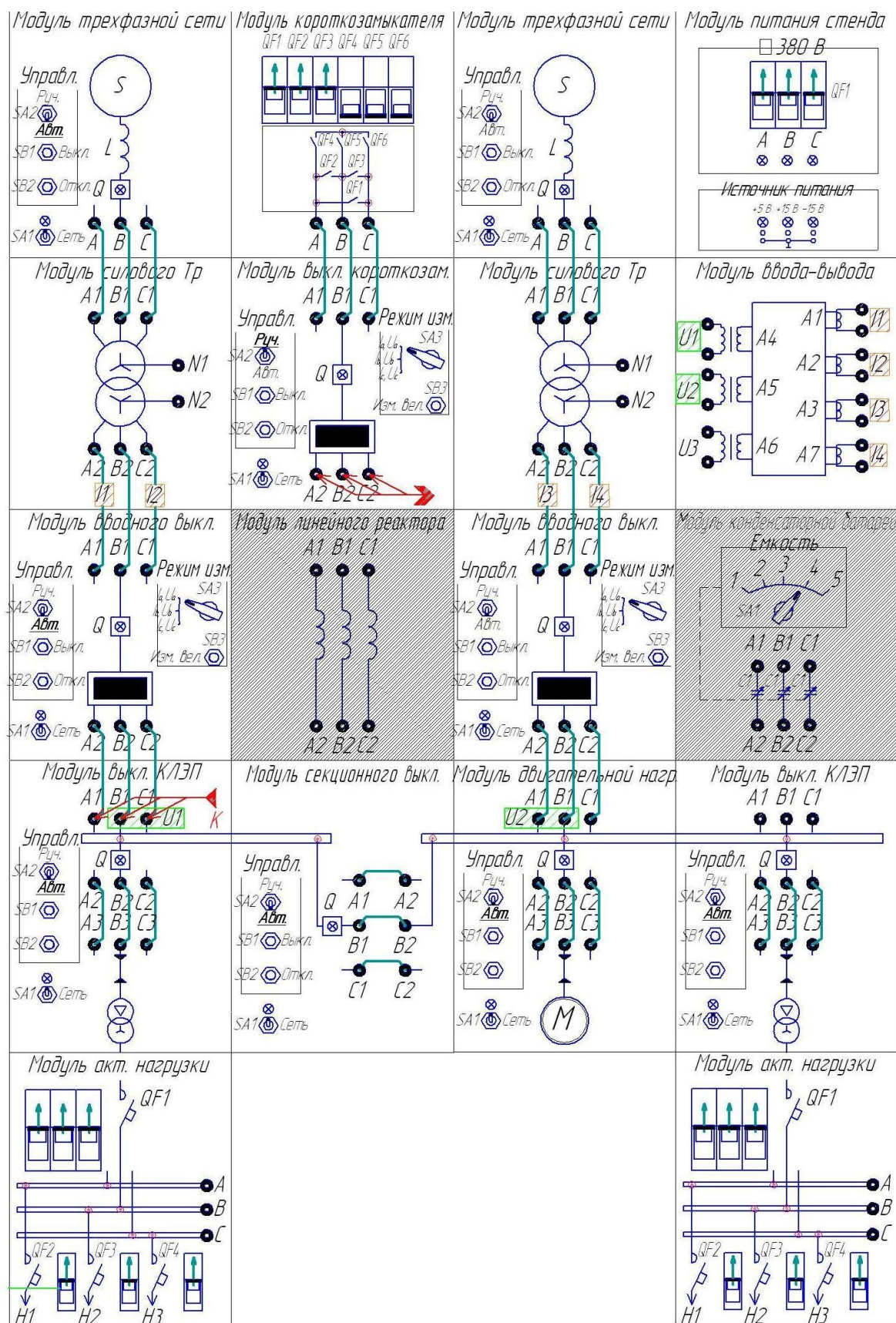


Рис. 10.1. Автоматическое включение резерва секционного выключателя.
Схема электромонтажная

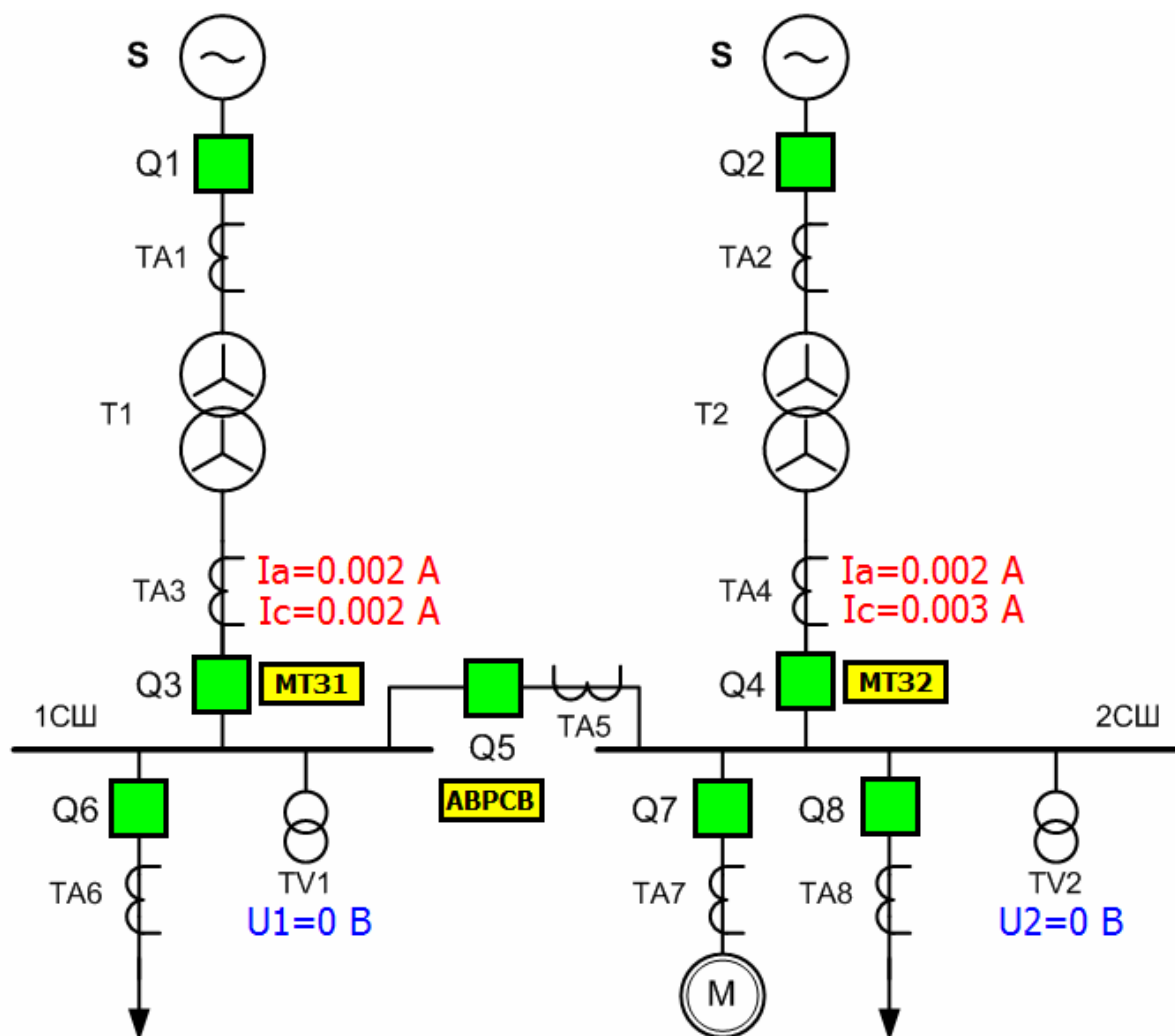


Рис. 10.2. Автоматическое включение резерва секционного выключателя.
Мнемосхема

