

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков, А.В. Масенко

**ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ**

Методические указания
к лабораторным работам

Краснодар, 2014

УДК 621.316.925(076.5)
ББК 31.2
С 15

Рецензент:

А.В. Богдан – д.т.н., профессор (Кубанский ГАУ)

С15 В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков, А.В. Масенко. Виртуальные лабораторные работы по релейной защите: Методические указания. – Краснодар: КубГАУ. – 2014. – 68 с.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю подготовки «Электроснабжение» для выполнения лабораторных работ по курсу «Релейная защита».

Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией факультета энергетики и электрификации КубГАУ (протокол № 2 от 25 февраля 2014 г.)

© Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Масенко А.В., 2014
© ФГБОУ Кубанский государственный аграрный университет, 2014

1. ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общие сведения

Виртуальная лабораторная работа отображает на экране компьютера реальный учебный стенд с мнемосхемой электрической сети, имеющимися на нем реле, тумблерами, сигнальными лампочками и т. д. В работе выполняется тестовый контроль знаний по тематике работы, сборка схемы релейной защиты, настройка содержащихся в схеме реле и испытание собранной схемы при коротких замыканиях в первичной электрической сети.

Работа проходит в диалоговом режиме.

Перечень виртуальных лабораторных работ

1. Исследование максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени в радиальной сети с односторонним питанием.
2. Исследование токовой отсечки в радиальной сети с односторонним питанием.
3. Исследование токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени.

Выполнение виртуальной лабораторной работы

Запуск работ осуществляется файлами:

- работа № 1 – файл Start1.exe;
- работа № 2 – файл Start2.exe;
- работа № 3 – файл Start3.exe.

Интерфейс всех работ, их разделы, действия пользователя в каждом разделе одинаковы, поэтому ниже это описывается в общем виде.

После запуска на экране возникает заставка с названием лабораторной работы. Для перехода к дальнейшему необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте заставки. Далее описываются отдельные разделы работы в том порядке, в каком они появляются на

экране компьютера (названия разделов в этом тексте далее выделены подчеркнутым курсивом).

Предварительные замечания. На экран выдается текстовая информация в виде отдельных порций. Переход от текущей порции к следующей делается кнопкой «►» в правом нижнем углу экрана.

Нажатие на кнопку «◄◄» выполняет возврат к начальному кадру текстовой информации.

Правила безопасности. Идет текстовая информация о правилах безопасности при работе на обычных (не виртуальных) стендах. Управление просмотром информации выполняется уже описанными кнопками «◄◄» и «►».

Указания к выполнению лабораторной работы. Поясняется, какие именно действия следует выполнять на виртуальном стенде. На втором кадре этих указаний слева дается такая табличка:

Рисование – стирание связей
Настройка реле времени
Настройка реле тока
Действия с тумблерами и кнопкой
Создание КЗ
Закорачивание вторичной обмотки трансформатора тока

Эта табличка представляет собой меню текущего раздела («Указания к выполнению ...»). Щелкнув левой кнопкой мыши в любой из строк таблички, можно справа от нее получить подробные разъяснения о действиях в том или ином случае. Например, после щелчка на строке «Действия с тумблерами и кнопкой» можно опробовать переключение рукоятки пакетного выключателя или тумблера, щелкая на них левой кнопкой мыши.

Цель работы. Текстовая информация на одном экране. Возврат к предыдущему разделу или переход к следующему – кнопками «◄◄» и «►».

Контрольные вопросы. На первом кадре раздела – пояснение работы с контрольными вопросами (дается назначение пяти управляющих кнопок, которые будут располагаться на экране во время работы с вопросами).

Кнопка «◀◀» на этом кадре выполняет возврат не к предыдущему разделу, а к самому началу работы. Кнопка «▶» выдает на экран первый контрольный вопрос.

В каждой из лабораторных работ контрольная работа пользователя состоит из 6 вопросов. Отвечать на вопросы можно в любом порядке, предварительно просмотрев их. Для перехода от одного вопроса к другому служат круглые кнопки, располагающиеся вертикально в правой стороне экрана. Кнопка с номером текущего вопроса подсвечивается зеленым цветом.

Для успешного выполнения контрольной работы в работе № 1 надо правильно ответить на все вопросы, а в работах №№ 2 и 3 – на 5 вопросов. Только после ответов на все 6 вопросов можно будет проверить правильность своих ответов, сравнив их с верными ответами (ответ пользователя выделен зеленой кнопкой, а верный ответ – восклицательным знаком).

Если контрольная работа не зачтена, то ее следует повторить, нажав на кнопку “Пройти новый тест”. Если же работа была успешной, то выполняется переход к следующему разделу.

Изучение работы схемы. На первом экране раздела – схема релейной защиты. На стадии ознакомления со стендом можно, указав мышью на любой элемент схемы, получить текстовое и звуковое (при наличии звуковой карты на компьютере) разъяснение о нем.

На последующих экранах идет демонстрационная часть работы - в ряде точек электрической сети возникают короткие замыкания и поэтапно разъясняется работа схемы релейной защиты. Переход от одного этапа к другому выполняется кнопкой «▶».

Изучение лабораторного стенда. Работа с разделом аналогична ознакомлению со схемой релейной защиты – надо указывать мышью на элементы стенда для получения соответствующих разъяснений. Так как изображение стенда сделано крупным, то оно полностью не выходит на экран. Первоначально на экране видна только левая часть стенда. Изображение можно смещать влево и вправо, за-

хватив стенд левой кнопкой мыши (не отпуская ее во время перемещения).

Примечание: Работы №№ 1–3 выполняются на одном и том же стенде, но часть линий электрической сети в некоторых работах не используется. Соответствующие элементы этих линий и их защит (выключатели, сигнальные лампы, реле) на экране изображены осветленными (то есть не активны в конкретной виртуальной лабораторной работе). Например, в работе № 1 так выглядят выключатели Q8, Q9, Q11 и Q13 в левой части стенда.

Самостоятельный расчет. На экран выводится таблица с несколькими вариантами исходных данных для расчета. Следует мышью выбрать столбец с тем вариантом, который был предложен преподавателем.

Сборка на стенде схем защиты. Работа идет в диалоговом режиме – на каждом из ее этапов в нижней части экрана предлагается очередное задание: «Установите тумблеры в рабочее положение», «Соберите схемы защиты» и т. д. Правильность выполнения любого задания контролируется. Сборка выполняется путем соединения мышью необходимых клемм на схеме – на первой клемме нажимают левую кнопку мыши и, не отпуская ее, подводят мышь ко второй клемме. На второй клемме кнопку мыши отпускают. Только после правильной сборки схемы становится активной кнопка «▶» («Далее») – она получает зеленую подсветку при наведении на нее указателя мыши.

Примечание. Если в собираемой схеме имеются трансформаторы тока, к которым не требуется подключать обмотки никаких реле, то вторичные обмотки этих трансформаторов тока следует замкнуть. Для этого следует подвести указатель мыши к любому из зажимов вторичной обмотки, нажать левую кнопку мыши, и, не отпуская ее, перевести указатель на второй зажим. Здесь кнопку мыши нужно отпустить. Программа контролирует процесс сборки и ошибочные соединения отвергает.

Настройка реле

После сборки схемы делается настройка реле в соответствии с проделанным расчетом. На этапе настройки

реле их изображение на экране увеличивают. Для этого следует щелкнуть левой кнопкой мыши на изображении настраиваемого реле. Виртуальная лабораторная работа подробно имитирует процесс реальной настройки.

В реле времени требуется отвернуть фиксирующий винт, затем захватить мышью держатель неподвижных контактов и, не отпуская кнопку мыши, передвинуть держатель в нужное положение. После этого нужно завернуть фиксирующий винт. Закончив настройку, можно испытать работу реле времени, нажав на овальную кнопку «Тест» в правом верхнем углу реле. Чтобы убрать увеличенное изображение реле с экрана, достаточно щелкнуть мышью в любом месте стенда за пределами настроенного реле.

В реле тока выполняется:

- установка переключателей на клеммах для выбора способа соединения секций обмотки (переключатели окрашены в синий цвет);
- изменение положения поводка, натягивающего возвратную пружину для плавного регулирования уставки (поводок окрашен в красный цвет).

В реле направления мощности никакие настройки не делаются, но вывод на экран его крупного изображения все равно необходим – при сборке схемы следует учитывать полярность выводов обмотки тока и обмотки напряжения. На табличке реле имеется схема его внутренних соединений, на которой начала обмоток обозначены звездочками. Эту табличку можно детально рассмотреть только на крупном изображении.

После настройки реле следует нажать на кнопку «▶» («Далее»). Правильность настройки реле программой контролируется и при наличии ошибок об этом сообщается в нижней части экрана.

Испытание схемы защиты

Настроив реле, в необходимых точках сети (сообщаемых программой) следует установить закорачивающие проводники. После установки закорачивающего проводника становится активной кнопка создания короткого замыкания. Щелкнув на ней мышью, можно испытать работу релейной защиты.

Действие защиты на отключение на экране отображается миганием сигнальных ламп возле отключившихся выключателей.

Для перехода к очередному испытанию защиты следует снять закорачивающий проводник (щелкнуть на нем мышью) и вернуть отключившиеся выключатели в исходное положение (переключить мышью).

Завершение работы

Закончив испытания, необходимо выполнить разборку схемы. Для удаления любого проводника достаточно щелкнуть на нем левой кнопкой мыши. Попытка разборки без предварительного отключения питания стенда равноценна нарушению правил безопасности.

По окончании разборки схемы в нижней части экрана будет доступен ряд кнопок, в том числе и кнопка прекращения работы с программой.

Если же потребуется полностью прекратить незавершенную лабораторную работу, то следует вызвать на экран диспетчер задач компьютера, используя сочетание клавиш **Ctrl+Alt+Del**. В списке задач следует отыскать задачу по имени **Flash**, отметить ее и дать команду «Завершить задачу». Сочетание клавиш **Ctrl+Alt+Del** следует применить и в том случае, когда пользователь ошибочно несколько раз подряд дал команду запуска лабораторной работы. Такая ошибка приводит к загрузке в оперативную память нескольких экземпляров программы, что существенно замедляет работу пользователя. Нужно в диспетчере задач оставить только одну задачу **Flash**.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Лабораторная работа № 1. Исследование максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени в радиальной сети с односторонним питанием

Теоретические сведения. Одним из признаков возникновения короткого замыкания (КЗ) является увеличение тока в линии электропередачи (ЛЭП). Этот признак используется для выполнения релейных защит (РЗ), называемых *токовыми*. Токовые РЗ приходят в действие при увеличении тока в фазах ЛЭП сверх определенного значения. В качестве реле, реагирующих на возрастание тока, служат максимальные токовые реле.

Токовые РЗ подразделяются на максимальные токовые РЗ и токовые отсечки. Главное различие между этими РЗ заключается в способе обеспечения селективности. Селективность действия максимальных токовых РЗ достигается с помощью выдержки времени. Селективность токовых отсечек обеспечивается соответствующим выбором тока срабатывания.

Максимальные токовые защиты (МТЗ) являются основным видом РЗ для сетей с односторонним питанием. Они устанавливаются в начале каждой ЛЭП со стороны источника питания. Каждая ЛЭП имеет самостоятельную РЗ, отключающую ЛЭП в случае повреждения на ней самой или на шинах питающейся от нее подстанций (ПС), и резервирующую РЗ соседней ЛЭП.

При КЗ в какой-либо точке сети ток КЗ проходит по всем участкам сети, расположенным между источником питания и местом повреждения, в результате чего приходят в действие все РЗ. Однако по условию селективности сработать на отключение должна только РЗ, установленная на поврежденной ЛЭП. Для обеспечения указанной селективности МТЗ выполняются с выдержками времени, нарастающими от потребителей к источнику питания. При соблюдении этого принципа в случае КЗ в дальней точке раньше других сработает МТЗ на этом участке и отключит

поврежденную ЛЭП. Защиты, имеющие большие выдержки времени, вернутся в начальное положение, не успев подействовать на отключение.

Выполнение лабораторной работы осуществляется согласно положениям, приведенным в первой главе.

После запуска на экране возникает заставка с названием лабораторной работы. Для перехода к дальнейшему необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте заставки.



Далее выполняются отдельные разделы работы в том порядке, в каком они появляются на экране компьютера.

Предварительные замечания

Программа используется для изучения курса "Релейная защита и автоматика систем электроснабжения".

Здесь не приведены сведения теоретического характера. Но для успешного выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с учебником

Андреев В.А.

Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.

Учеб. для вузов по спец. "Электроснабжение".

Можно использовать другие издания этого учебника.

Работа носит расчетно-экспериментальный характер.



Предварительные замечания

Объем и характер лабораторной работы определены с учетом того, что студенты уже знакомы с элементами релейной защиты и автоматики.

Работа многовариантна. Каждый студент должен выполнять собственное задание.

Лабораторный стенд представляет собой модели элементов системы электроснабжения: линии, подстанции, генераторы и т.д. В работе дается краткое описание стенда.

На стенде изображена схема коммутации с трансформаторами тока и напряжения, выключателями с отключающими электромагнитами.



Предварительные замечания

Стенд предназначен для изучения упрощенных схем максимальных токовых защит - в нем отсутствуют дополнительные реле (указательные и промежуточные).

Здесь же размещены необходимые для выполнения исследуемой защиты реле.

Реле не собраны в схему и не подключены к измерительным трансформаторам и цепям оперативного тока. Это должны сделать студенты самостоятельно.



Предварительные замечания

Готовясь к работе, студенты должны продумать ответы на контрольные вопросы, указанные в сборнике

Сборник контрольных вопросов и задач по релейной защите и автоматике систем электроснабжения.

К работе с лабораторным стендом допускается студент, выполнивший необходимые расчеты и теоретически подготовленный.



Ответственность за выполнение правил техники безопасности возлагается на преподавателя, проводящего занятия в лаборатории.

К работе допускаются студенты после получения инструктажа по технике безопасности и изучения инструкций с отметкой в журнале инструктажа под роспись.



В лаборатории необходимо выполнять следующие правила:

- работать только за специально оборудованными столами и стендами;
- не касаться одновременно отопительных батарей и приборов под напряжением;
- токоведущие части и провода установок изолировать для избежания случайного контакта при работе;
- выключить стенд после окончания работы.



Правила безопасности

При проведении лабораторных работ запрещается:

- работать без предварительно составленной схемы;
- пользоваться неисправным инструментом и оборудованием;
- включать схему без предварительной проверки и разрешения преподавателя;
- производить монтаж схемы на включенном стенде;
- оставлять без наблюдения включенный стенд;



Правила безопасности

- снимать и перевешивать предупреждающие или запрещающие плакаты или знаки;
- загромождать рабочее место посторонними вещами;
- заходить за стенд;
- отвлекать товарищей;



Правила безопасности

Если произошел несчастный случай, необходимо:

- выключить стенд;
- оказать первую помощь пострадавшему;
- сообщить о случившемся преподавателю;
- при необходимости вызвать скорую помощь.



Указания к выполнению лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы необходимо уяснить её цель, повторить теоретический материал по рекомендуемой литературе, продумать план проведения работы.

На основе задания проводится сборка и сам эксперимент.

Изображение лабораторного стенда не умещается на экране. Для просмотра нужной части стенда надо просто перетащить изображение мышкой.

По окончании работы схема должна быть разобрана.



Указания к выполнению лабораторной работы

Рисование - стирание связей

Настройка реле времени

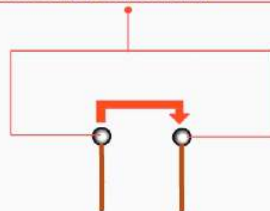
Настройка реле тока

Действия с тумблерами и кнопкой

Создание КЗ

Закорачивание вторичной обмотки трансформатора тока

Для рисования связи щелкните на одном контакте и, не отпуская кнопку, перетащите связь к другому контакту



Выберите пункт меню для ознакомления с элементами схемы



Цель работы

Работа способствует закреплению и углублению знаний из области токовых защит, содержит выбор параметров максимальной токовой защиты, изучение схем защит в совмещенном и разнесенном виде, сборку их и экспериментальную проверку при повреждениях в различных точках сети. Испытания проводятся на стенде.





Контрольные вопросы

Для того, чтобы перейти к выполнению лабораторной работы, необходимо дать ответы на шесть вопросов.

Отвечать можно в любом порядке.

Каждый вопрос имеет четыре варианта ответа. Щелчком мыши по кнопке слева выберите правильный.

Нажатие на кнопку  запускает проверку. Если есть неправильные ответы, то придется пройти тест заново (кнопка ).

Узнать правильные ответы можно, щелкнув по кнопке .



Контрольные вопросы

Каким должен быть коэффициент чувствительности токовой отсечки без выдержки времени, устанавливаемой на линии и выполняющей функции дополнительной защиты?

- Около 1,2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме
- Около 1,5 при КЗ в конце защищаемой линии в наименее благоприятном по условию чувствительности режиме
- Не менее 2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме
- Не менее 1,5 при КЗ в конце защищаемой линии в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме

1

2

3

4

5

6

Дайте ответы на шесть вопросов



Перечень основных вопросов, необходимых для выполнения исследования, приведен в конце описания лабораторной работы.

Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

Реле тока

Чтобы узнать назначение элементов схемы укажите их мышкой

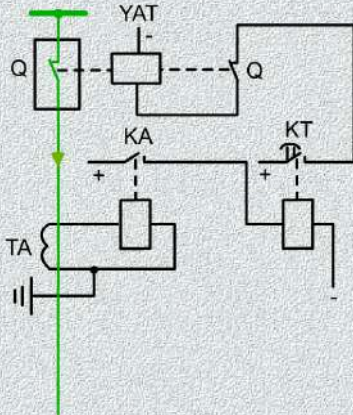
Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

А теперь посмотрим, как работает схема...

Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

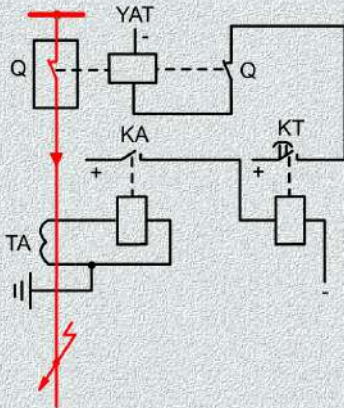


В нормальном режиме ток меняется незначительно



Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

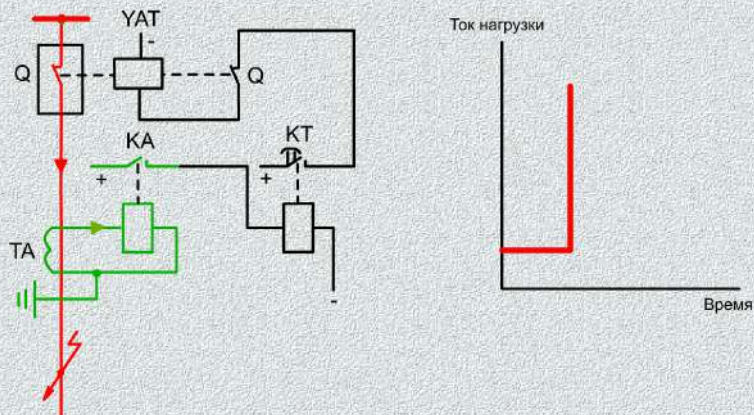


При возникновении короткого замыкания ток в линии резко увеличивается



Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

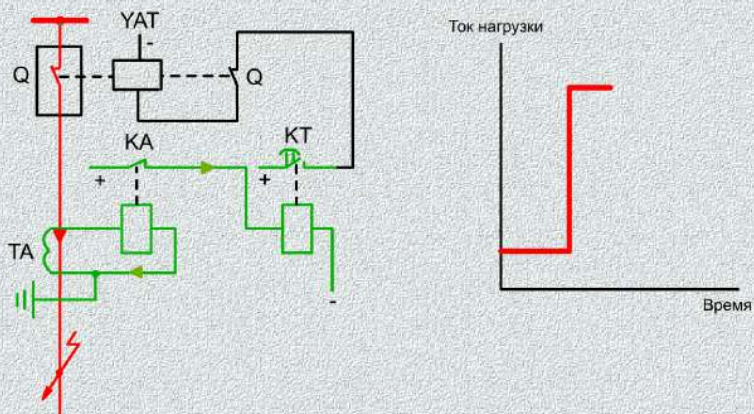


Это вызывает срабатывание токового реле КА



Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

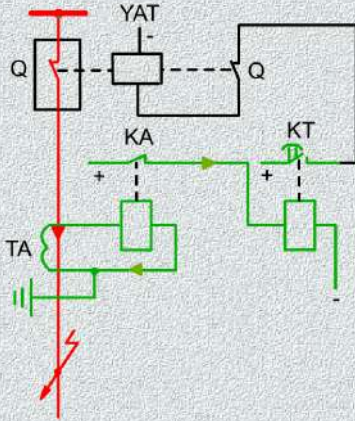


Через некоторое время срабатывает реле времени КТ



Изучение работы схемы

Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе

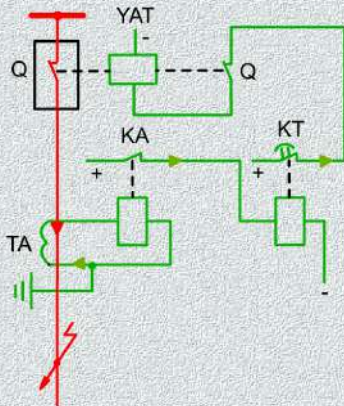


Через некоторое время срабатывает реле времени КТ



Изучение работы схемы

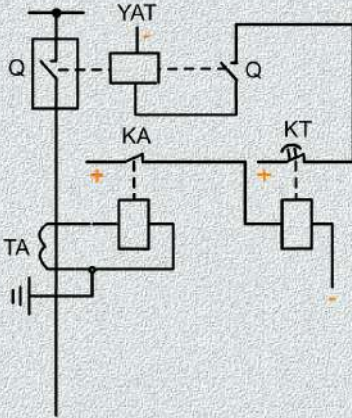
Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе



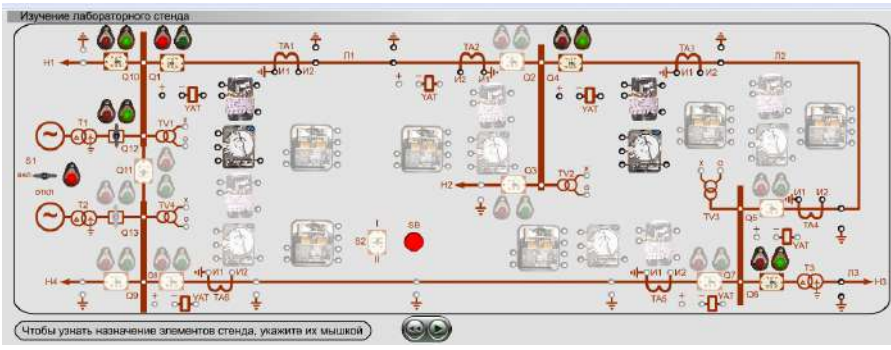
Что в свою очередь приводит к срабатыванию электромагнита отключения YAT



Схема максимальной токовой защиты на постоянном оперативном токе



Реле питаются от источника оперативного тока



Самостоятельный расчет

Наименование параметра		Значение параметра, варианты			
		1	2	3	4
Максимальный рабочий ток $I_{\text{раб, max}}$ (А) в линии	Л1	104	123	56	91
	Л2	60	71	33	52
Выдержка времени защит, установленных на нагрузках (с)	Н2	0,9	0,6	1,0	0,5
	Н3	0,3	1	0,3	1,2
Максимальный ток при повреждении в точках (А)	К1	4600	5520	2300	3680
	К2	2000	2400	1000	1600
	К3	340	408	170	272
Коэффициент трансформации трансформаторов тока K_i		100	100	50	50
Коэффициент отстройки $K_{отс}$		1,1	1,2	1,25	1,3
Коэффициент возврата K_v		0,8	0,8	0,85	0,85
Коэффициент самозапуска $K_{сз}$		1,4	1,3	1,2	1,15
Степень селективности Δt (с)		0,3	0,5	0,6	0,4

Выберите в таблице заданный преподавателем вариант исходных данных.



Завершение работы. Закончив испытания, необходимо выполнить разборку схемы. Для удаления любого проводника достаточно щелкнуть на нем левой кнопкой мыши. Попытка разборки без предварительного отключения питания стенда равноценна нарушению правил безопасности.

По окончании разборки схемы в нижней части экрана будет доступен ряд кнопок, в том числе и кнопка прекращения работы с программой.

Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Какой недостаток имеет максимальная токовая защита с ограниченно зависимой выдержкой времени при действии в качестве резервной защиты?
2. Каково соотношение между током срабатывания реле и током срабатывания защиты?
3. На рис. 1.1 цифрами возле точек К3 указаны в кА величины токов К3: в числителе – трехфазного, в знаменателе – двухфазного. Удовлетворяют ли требованиям чувствительности защиты, установленные на подстанциях А и

Б, если токи срабатывания этих защит составляют 1 кА (на подстанции А) и 0,5 кА (на подстанции Б)?

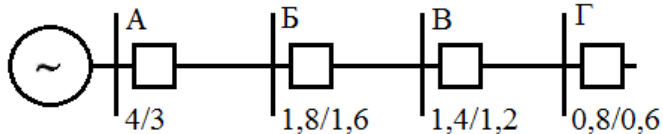


Рис. 1.1. Принципиальная схема четырех участков линии с односторонним питанием

4. На рис. 1.1 цифрами возле точек КЗ указаны в кА величины токов КЗ: в числителе – трехфазного, в знаменателе – двухфазного. Удовлетворяют ли требованиям чувствительности защиты, установленные на подстанциях А и Б, если токи срабатывания этих защит составляют 1 кА (на подстанции А) и 0,5 кА (на подстанции Б), а также на шинах подстанции В токи КЗ равны 1,2/1 кА?

5. На рис. 1.1 цифрами возле точек КЗ указаны в кА величины токов КЗ: в числителе – трехфазного, в знаменателе – двухфазного. Удовлетворяют ли требованиям чувствительности защиты, установленные на подстанциях А и Б, если токи срабатывания этих защит составляют 1 кА (на подстанции А) и 0,5 кА (на подстанции Б), а также на шинах подстанции Г токи КЗ равны 0,6/0,5 кА?

6. В сети, показанной на рис. 1.2, установлена МТЗ, причем на подстанции А максимальный рабочий ток равен 500 А, а пусковой орган имеет ток срабатывания 1 кА и коэффициент возврата 0,8. Каким недостатком будет обладать защита, если в пусковом органе коэффициент возврата снизится до 0,4 (из-за увеличения трения в подпятнике оси реле)? Цифрами возле точек КЗ обозначены значения максимальных токов КЗ.

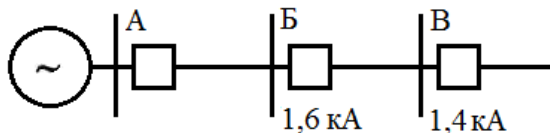


Рис. 1.2. Принципиальная схема трех участков линии с односторонним питанием

7. Какие преимущества имеет максимальная токовая защита с ограниченно зависимой выдержкой времени

по сравнению с защитой, имеющей независимую характеристику выдержки времени?

8. Каждый из участков радиальной сети (рис. 1.2) имеет МТЗ с независимой выдержкой времени. Степень селективности равна 0,5 с. Какими недостатками будет обладать защита, если выдержку времени комплекта защиты на подстанции Б уменьшить на 0,5 с, не меняя ничего остального?

9. Каждый из участков радиальной сети (рис. 1.2) имеет МТЗ с независимой выдержкой времени. Степень селективности равна 0,5 с. Какими недостатками будет обладать защита, если выдержку времени комплекта защиты на подстанции Б увеличить на 0,5 с, не меняя ничего остального?

10. Для условий вопроса 5 указать, какие недостатки возникнут, если ток срабатывания защиты на подстанции Б увеличить до 0,7 кА, не меняя ничего остального?

11. Что такое коэффициент схемы?

12. При расчете тока срабатывания МТЗ вместо значения максимального рабочего тока 35,5 А ввели 3,55 А. Какой недостаток будет иметь защита с новым током срабатывания?

13. При расчете тока срабатывания МТЗ вместо значения максимального рабочего тока 35,5 А ввели 355 А. Какой недостаток будет иметь защита с новым током срабатывания?

14. Линия 10 кВ включена через выключатель, в привод которого встроены реле прямого действия типа РТВ и электромагнит дистанционного действия. Какая из МТЗ будет более чувствительна: с реле типа РТВ или с реле косвенного действия типа РТ-80, действующая на электромагнит дистанционного отключения?

15. При ремонте комплекта релейной защиты линии с односторонним питанием токовое реле отсечки заменили на новое реле, имеющее более высокий коэффициент возврата. Ток срабатывания реле оставили прежним. В какую сторону изменилась длина зоны, защищаемой отсечкой?

16. Какие требования предъявляются к чувствительности максимальных токовых реле?

2.2. Лабораторная работа № 2. Исследование токовой отсечки в радиальной сети с односторонним питанием

Теоретические сведения. Отсечка является разновидностью МТЗ, позволяющей обеспечить быстрое отключение КЗ. Токовые отсечки подразделяются на отсечки мгновенного действия и отсечки с выдержкой времени.

Селективность токовых отсечек достигается ограничением их зоны действия так, чтобы отсечка не работала при КЗ за пределами этой зоны, на смежных участках сети, РЗ которых имеет выдержку времени, равную или большую, чем отсечка. Для этого ток срабатывания отсечки должен быть больше максимального тока КЗ, проходящего через нее при повреждении в конце участка, за пределами которого она не должна работать.

Ток срабатывания не зависит от режима работы и места повреждения. Отсечка работает, когда ток, проходящий по защищаемой линии, больше или равен току срабатывания защиты. Это условие выполняется при КЗ в пределах участка защищаемой линии. Зона действия мгновенной отсечки по условиям селективности не должна выходить за пределы защищаемой ЛЭП. Зона действия отсечки, работающей с выдержкой времени, выходит за пределы защищаемой ЛЭП и по условию селективности должна отстраиваться от конца зоны РЗ смежного участка по току и по времени.

Токовые отсечки применяются как в радиальной сети с односторонним питанием, так и в сети, имеющей двустороннее питание.

Основными достоинствами токовых отсечек без выдержки времени являются: селективное действие и в сетях сложной конфигурации с любым числом источников питания; быстрое отключение наиболее тяжелых коротких замыканий, возникающих вблизи шин станций и подстанций; простота схемы.

Основные недостатки: защита только части длины линии; зависимость защищаемой зоны от режима работы системы и переходного сопротивления в месте короткого

замыкания. В связи с этим токовые отсечки без выдержки времени как отдельные защиты применяются в виде дополнительных защит, предназначенных для сокращения времени отключения наиболее тяжелых повреждений. При этом защищаемая зона должна быть не менее $(0,15-0,2)$ длины линии.

Выполнение лабораторной работы осуществляется согласно положениям, приведенным в первой главе. После запуска на экране возникает заставка с названием лабораторной работы. Для перехода к дальнейшему необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте заставки.



Далее выполняются отдельные разделы работы в том порядке, в каком они появляются на экране компьютера.

Предварительные замечания

Программа используется для изучения курса "Релейная защита и автоматика систем электроснабжения".

Здесь не приведены сведения теоретического характера. Но для успешного выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с учебником

Андреев В.А.

Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.

Учеб. для вузов по спец. "Электроснабжение".

Можно использовать другие издания этого учебника.

Работа носит расчетно-экспериментальный характер.



Предварительные замечания

Объем и характер лабораторной работы определены с учетом того, что студенты уже знакомы с элементами релейной защиты и автоматики.

Работа многовариантна. Каждый студент должен выполнять собственное задание.

Лабораторный стенд представляет собой модели элементов системы электроснабжения: линии, подстанции, генераторы и т.д. В работе дается краткое описание стенда.

На стенде изображена схема коммутации с трансформаторами тока и напряжения, выключателями с отключающими электромагнитами.



Предварительные замечания

Стенд предназначен для изучения упрощенных схем максимальных токовых защит - в нем отсутствуют дополнительные реле (указательные и промежуточные).

Здесь же размещены необходимые для выполнения исследуемой защиты реле.

Реле не собраны в схему и не подключены к измерительным трансформаторам и цепям оперативного тока. Это должны сделать студенты самостоятельно.



Предварительные замечания

Готовясь к работе, студенты должны продумать ответы на контрольные вопросы, указанные в сборнике

Сборник контрольных вопросов и задач по релейной защите и автоматике систем электроснабжения.

К работе с лабораторным стендом допускается студент, выполнивший необходимые расчеты и теоретически подготовленный.



Ответственность за выполнение правил техники безопасности возлагается на преподавателя, проводящего занятия в лаборатории.

К работе допускаются студенты после получения инструктажа по технике безопасности и изучения инструкций с отметкой в журнале инструктажа под роспись.



В лаборатории необходимо выполнять следующие правила:

- работать только за специально оборудованными столами и стендами;
- не касаться одновременно отопительных батарей и приборов под напряжением;
- токоведущие части и провода установок изолировать для избежания случайного контакта при работе;
- выключить стенд после окончания работы.



Правила безопасности

При проведении лабораторных работ запрещается:

- работать без предварительно составленной схемы;
- пользоваться неисправным инструментом и оборудованием;
- включать схему без предварительной проверки и разрешения преподавателя;
- производить монтаж схемы на включенном стенде;
- оставлять без наблюдения включенный стенд;



Правила безопасности

- снимать и перевешивать предупреждающие или запрещающие плакаты или знаки;
- загромождать рабочее место посторонними вещами;
- заходить за стенд;
- отвлекать товарищей;



Правила безопасности

Если произошел несчастный случай, необходимо:

- выключить стенд;
- оказать первую помощь пострадавшему;
- сообщить о случившемся преподавателю;
- при необходимости вызвать скорую помощь.



Указания к выполнению лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы необходимо уяснить её цель, повторить теоретический материал по рекомендуемой литературе, продумать план проведения работы.

На основе задания проводится сборка и сам эксперимент.

Изображение лабораторного стенда не умещается на экране. Для просмотра нужной части стенда надо просто перетащить изображение мышкой.

По окончании работы схема должна быть разобрана.



Рисование - стирание связей

Настройка реле времени

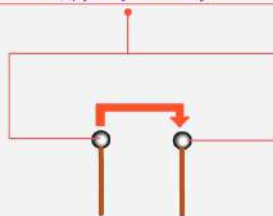
Настройка реле тока

Действия с тумблерами и кнопкой

Создание КЗ

Закорачивание вторичной обмотки трансформатора тока

Для рисования связи щелкните на одном контакте и, не отпуская кнопку, перетащите связь к другому контакту



Выберите пункт меню для ознакомления с элементами схемы



Работа способствует закреплению и углублению знаний из области токовых защит, содержит выбор параметров токовой отсечки, изучение схем защит в совмещенном и разнесенном виде, сборку их и экспериментальную проверку при повреждениях в различных точках сети. Испытания проводятся на стенде.





Контрольные вопросы

Для того, чтобы перейти к выполнению лабораторной работы, необходимо дать ответы на шесть вопросов.

Отвечать можно в любом порядке.

Каждый вопрос имеет четыре варианта ответа. Щелчком мыши по кнопке слева выберите правильный.

Нажатие на кнопку  запускает проверку. Если есть неправильные ответы, то придется пройти тест заново (кнопка ).

Узнать правильные ответы можно, щелкнув по кнопке .



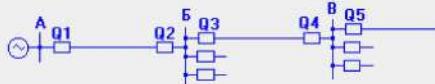
Перечень основных вопросов, необходимых для выполнения исследования, приведен в конце описания лабораторной работы.

Контрольные вопросы

лабораторная работа 2

На каждой из подстанций А и Б установлены максимальная токовая защита (МТЗ) и токовая отсечка (ТО). Каково поведение этих защит при КЗ в начале линии БВ?

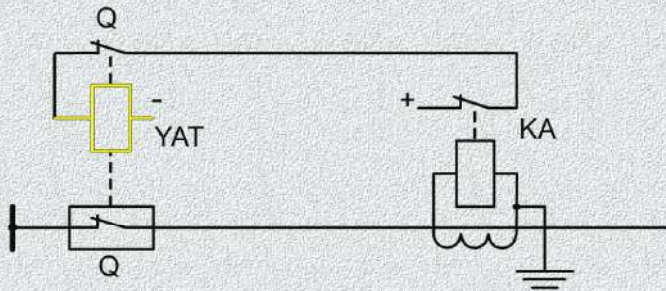
- Сработают пусковые органы обеих МТЗ и запустятся их реле времени. Так как выдержка времени МТЗ Б меньше, то эта защита сработает и отключит повреждение.
- Сработают пусковые органы обеих МТЗ и сработает ТО на подстанции Б.
- На подстанции Б сработает ТО и отключит повреждение. Пусковые органы обеих МТЗ не успеют сработать.
- На подстанции Б сработает пусковой орган МТЗ и сработает ТО, отключая повреждение. На подстанции А защиты не будут запускаться.



Дайте ответы на шесть вопросов



Схема токовой отсечки на постоянном оперативном токе

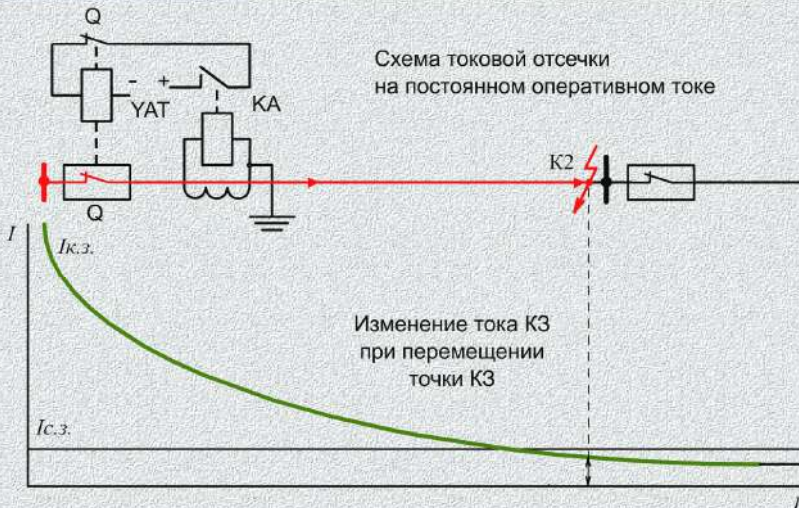


Отключающий
электромагнит

Чтобы узнать назначение элементов схемы
укажите их мышкой

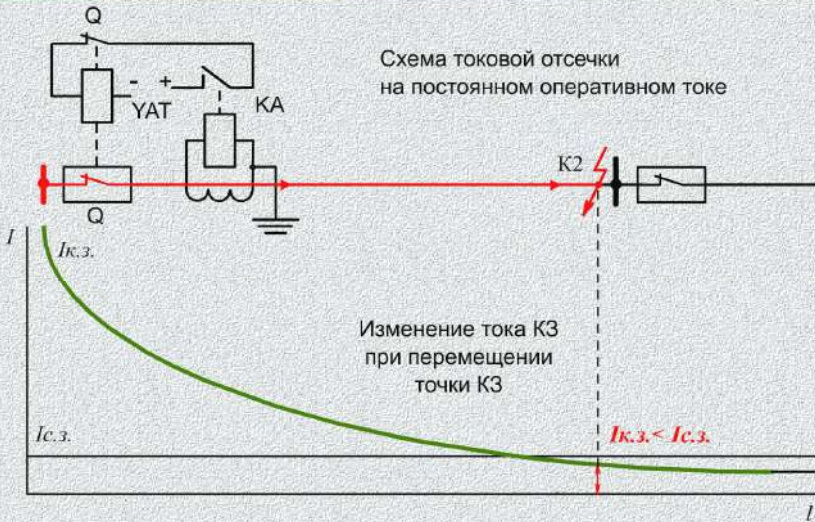


Схема токовой отсечки
на постоянном оперативном токе

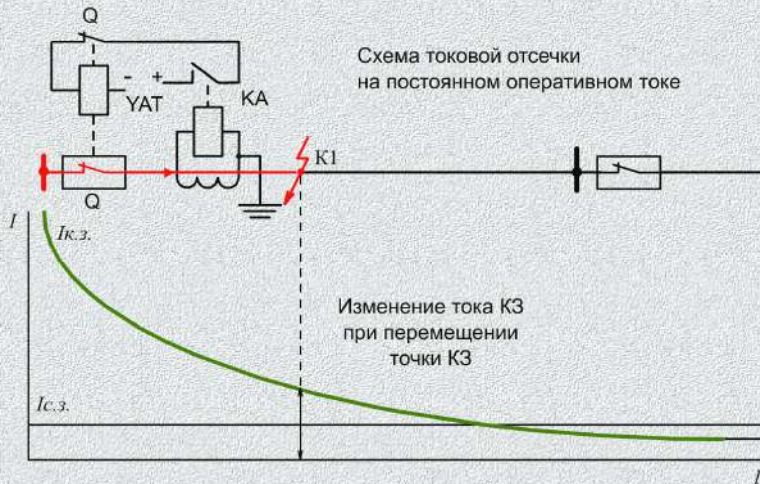


При возникновении короткого замыкания в т. К2
ток в линии резко увеличивается



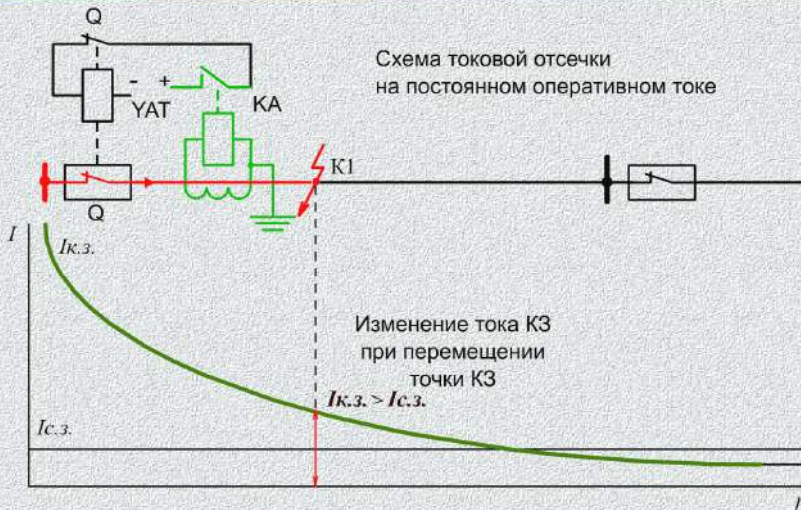


Так как ток КЗ меньше тока срабатывания защиты, то она не срабатывает.

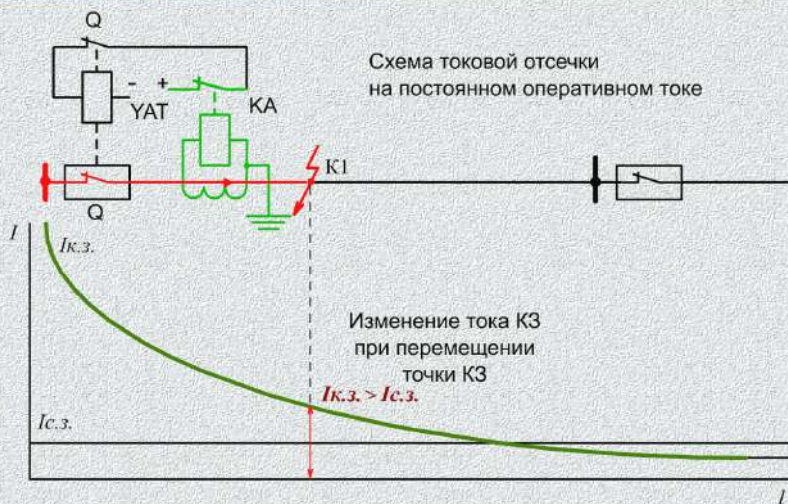


Посмотрите, что произойдет, когда КЗ возникнет в точке К1, расположенной ближе к источнику питания, чем точка К2.





Увеличение тока КЗ вызывает срабатывание токового реле КА



Что в свою очередь приводит к срабатыванию отключающего электромагнита



Схема токовой отсечки на постоянном оперативном токе

Изменение тока КЗ при перемещении точки КЗ

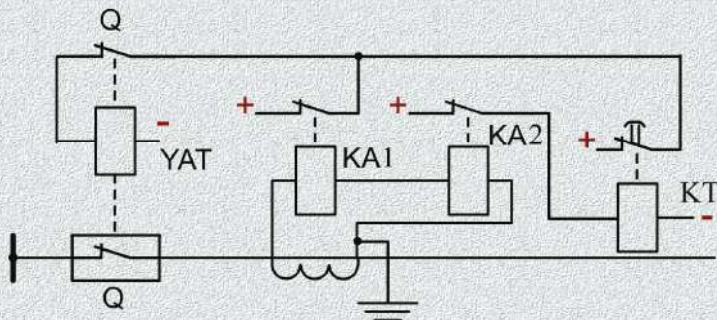
М.з.

Схема токовой отсечки без выдержки времени имеет недостаток - мертвую зону, в которой отсечка не срабатывает.

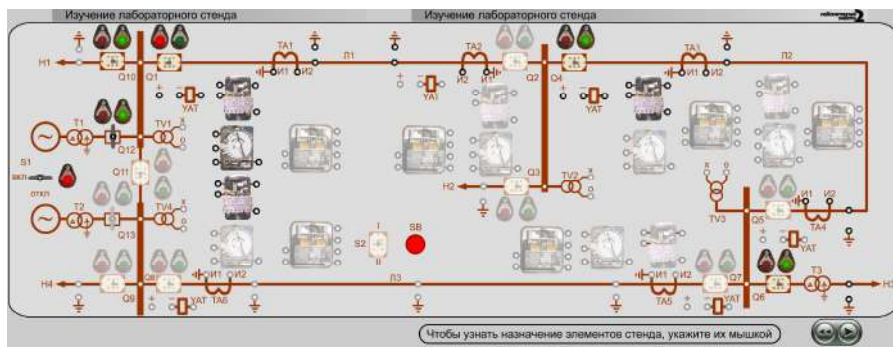
Схема токовой отсечки со ступенчатой характеристикой выдержки времени на постоянном оперативном токе

Поэтому дополнительно используют схему токовой отсечки с выдержкой времени

Схема токовой отсечки со ступенчатой характеристикой выдержки времени на постоянном оперативном токе



Реле времени и отключающий электромагнит питаются от источников оперативного тока



Чтобы узнать назначение элементов стенда, укажите их мышкой



Наименование параметра		Значение параметра, варианты			
		1	2	3	4
Максимальный ток при повреждении в точках (А)	K1	4600	5520	2300	3680
	K2	2300	2400	1200	1450
	K3	300	270	120	120
Коэффициент трансформации трансформаторов тока K _I		200	200	100	120
Коэффициент отстройки котс		1,1	1,2	1,25	1,3
Время срабатывания отсечки без выдержки времени t _d		0,2	0,1	0,1	0,2
Степень селективности ΔI (с)		0,3	0,5	0,6	0,4

Выберите в таблице заданный преподавателем вариант исходных данных.



Завершение работы. Закончив испытания, необходимо выполнить разборку схемы. Для удаления любого проводника достаточно щелкнуть на нем левой кнопкой мыши. Попытка разборки без предварительного отключения питания стенда равноценна нарушению правил безопасности.

По окончании разборки схемы в нижней части экрана будет доступен ряд кнопок, в том числе и кнопка прекращения работы с программой.

Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Каковы основные достоинства токовой отсечки без выдержки времени?
2. На линии с односторонним питанием установлены максимальная токовая защита и токовая отсечка. Для какой из этих защит учитывают коэффициент возврата реле тока?
3. Каковы основные недостатки токовой отсечки без выдержки времени?

4. В радиальной сети (рис. 1.2) на подстанции А установлены МТЗ и токовая отсечка, а на подстанции Б – только МТЗ. Каково поведение этих защит при КЗ в начале линии?

5. Токовая отсечка линии с односторонним питанием выполнена на основе реле прямого действия РТМ. Как изменится длина защищаемой зоны, если это реле заменить на реле косвенного действия типа РТ-40?

6. На каждой из подстанций А и Б радиальной сети (рис. 1.2) установлены МТЗ и токовая отсечка. Каково поведение этих защит при коротком замыкании в начале линии БВ?

7. В токовой отсечке без выдержки времени, защищающей линию с односторонним питанием, использовалось реле типа РТ-40, обе секции обмотки которого были соединены параллельно. Какой недостаток в РЗ появится, если секции соединить последовательно, не меняя положения указателя уставки?

8. Токовая отсечка линии с односторонним питанием выполнена на основе реле прямого действия типа РТМ. Это реле заменено на реле косвенного действия типа РТ-40. Каким должен быть ток срабатывания нового реле: больше или меньше, чем у реле РТМ, или же он не изменится?

9. Можно ли на одном электромеханическом реле выполнить одновременно МТЗ и токовую отсечку?

10. Что такое коэффициент чувствительности?

11. МТЗ линии с односторонним питанием имела коэффициент чувствительности $K_{\text{ч}} = 4$ как основная защита и $K_{\text{ч}} = 2$ как резервная. В защите применялось реле типа РТ-40 с последовательным соединением обеих секций обмотки. Какой недостаток в РЗ появится, если секции соединить последовательно, не меняя положения указателя уставки?

2.3. Лабораторная работа № 3. Исследование токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени

Теоретические сведения. Направленной называется защита, действующая только при определенном направлении (знаке) мощности КЗ. Защита такого рода применяется в сетях с двухсторонним питанием, а также в сложных сетях с одним и несколькими источниками питания, т.к. добиться селективного действия защиты путем ступенчатого выбора выдержки времени, в перечисленных сетях не представляется возможным. Рассмотрим принцип действия максимальной токовой направленной защиты. На рис. 2.1, а) изображена радиальная сеть с двухсторонним питанием.

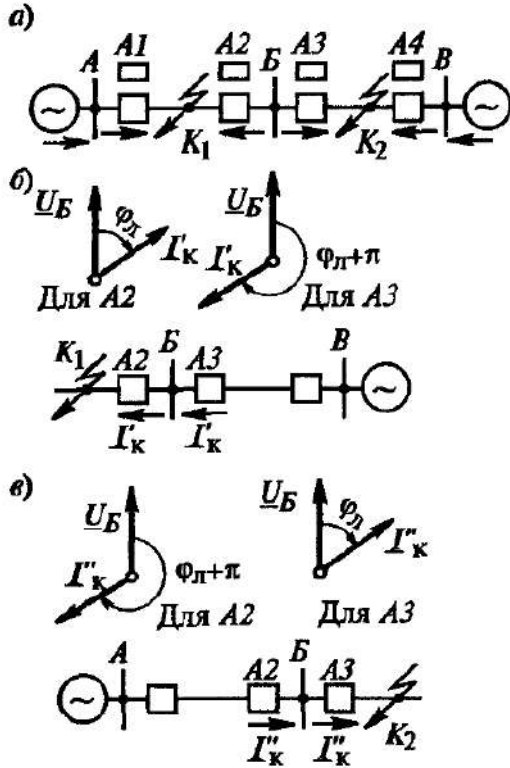
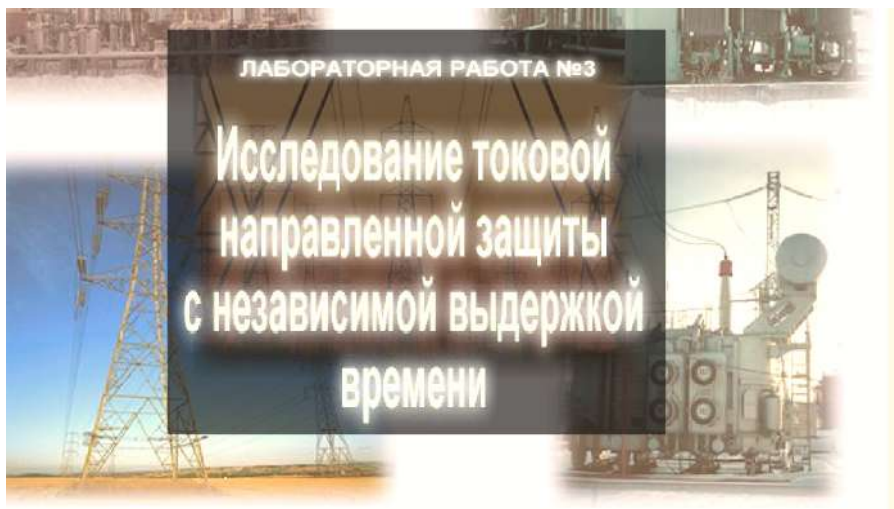


Рис. 2.1. Принцип действия максимальной токовой направленной защиты

При КЗ в точке К1, приходят в действие все защиты, причем для селективного отключения участка АБ, необходимо чтобы выдержки времени защит согласовывались следующим образом: $t_2 < t_3 < t_4$. При КЗ в точке К2 для соблюдения селективного действия защиты необходимо чтобы $t_1 > t_2 > t_3$. Следовательно, к защитами 2 и 3 предъявляются противоречивые требования. Таким образом, в таких сетях МТЗ не может быть селективной. Поэтому необходимо использовать защиту, направленность, которой обеспечивается благодаря реле направления мощности. Из векторных диаграмм (рис. 2.1, б, в) следует, что ток КЗ меняет свое направление на противоположное (на 180°) относительно напряжения U_δ , в зависимости от места КЗ (точки К1 или К2) или в зависимости от той или иной защиты (например 2 или 3). За положительное направление тока принято направление от шин в сторону линии. Таким образом, защиту 2 необходимо выполнить так чтобы она действовала на отключение только при углах между током и напряжением, соответствующих КЗ в т. К₁, а защита 3 – при КЗ в т. К₂. Из этого следует что реле направления мощности должно замыкать свои контакты при угле φ_p , между U_p и I_p равным φ_Δ , и размыкать при $\varphi_p = \varphi_\Delta - 180^\circ$, при этом выдержки времени защит 2 и 3 согласовывать не нужно. Следует отметить, что при КЗ в т. К₁, векторная диаграмма у места установки защиты 4, будет также как у места установки защиты 2, следовательно обе защиты будут приходить в действие, поэтому для селективного отключения участка АБ, нужно чтобы $t_2 < t_4$. Аналогично и для защит 3 и 1 т.е. $t_3 < t_1$, при КЗ в т. К₂.

Выполнение лабораторной работы осуществляется согласно положениям, приведенным в первой главе.

После запуска на экране возникает заставка с названием лабораторной работы. Для перехода к дальнейшему необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте заставки.



Далее выполняются отдельные разделы работы в том порядке, в каком они появляются на экране компьютера.

Предварительные замечания

Программа используется для изучения курса "Релейная защита и автоматика систем электроснабжения".

Здесь не приведены сведения теоретического характера. Но для успешного выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с учебником

Андреев В.А.
Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.
Учеб. для вузов по спец. "Электроснабжение".

Можно использовать другие издания этого учебника.

Работа носит расчетно-экспериментальный характер.



Предварительные замечания

Объем и характер лабораторной работы определены с учетом того, что студенты уже знакомы с элементами релейной защиты и автоматики.

Работа многовариантна. Каждый студент должен выполнять собственное задание.

Лабораторный стенд представляет собой модели элементов системы электроснабжения: линии, подстанции, генераторы и т.д. В работе дается краткое описание стенда.

На стенде изображена схема коммутации с трансформаторами тока и напряжения, выключателями с отключающими электромагнитами.



Предварительные замечания

Стенд предназначен для изучения упрощенных схем максимальных токовых защит - в нем отсутствуют дополнительные реле (указательные и промежуточные).

Здесь же размещены необходимые для выполнения исследуемой защиты реле.

Реле не собраны в схему и не подключены к измерительным трансформаторам и цепям оперативного тока. Это должны сделать студенты самостоятельно.



Предварительные замечания

Готовясь к работе, студенты должны продумать ответы на контрольные вопросы, указанные в сборнике

Сборник контрольных вопросов и задач по релейной защите и автоматике систем электроснабжения.

К работе с лабораторным стендом допускается студент, выполнивший необходимые расчеты и теоретически подготовленный.



Правила безопасности

Ответственность за выполнение правил техники безопасности возлагается на преподавателя, проводящего занятия в лаборатории.

К работе допускаются студенты после получения инструктажа по технике безопасности и изучения инструкций с отметкой в журнале инструктажа под роспись.



Правила безопасности

В лаборатории необходимо выполнять следующие правила:

- работать только за специально оборудованными столами и стендами;
- не касаться одновременно отопительных батарей и приборов под напряжением;
- токоведущие части и провода установок изолировать для избежания случайного контакта при работе;
- выключить стенд после окончания работы.



Правила безопасности

При проведении лабораторных работ запрещается:

- работать без предварительно составленной схемы;
- пользоваться неисправным инструментом и оборудованием;
- включать схему без предварительной проверки и разрешения преподавателя;
- производить монтаж схемы на включенном стенде;
- оставлять без наблюдения включенный стенд;



Правила безопасности

- снимать и перевешивать предупреждающие или запрещающие плакаты или знаки;
- загромождать рабочее место посторонними вещами;
- заходить за стенд;
- отвлекать товарищей;



Правила безопасности

Если произошел несчастный случай, необходимо:

- выключить стенд;
- оказать первую помощь пострадавшему;
- сообщить о случившемся преподавателю;
- при необходимости вызвать скорую помощь.



Указания к выполнению лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы необходимо уяснить её цель, повторить теоретический материал по рекомендуемой литературе, продумать план проведения работы.

На основе задания проводится сборка и сам эксперимент.

Изображение лабораторного стенда не умещается на экране. Для просмотра нужной части стенда надо просто перетащить изображение мышкой.

По окончании работы схема должна быть разобрана.



Указания к выполнению лабораторной работы

Рисование - стирание связей

Настройка реле времени

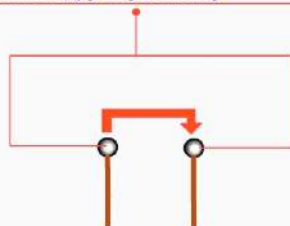
Настройка реле тока

Действия с тумблерами и кнопкой

Создание КЗ

Закорачивание вторичной обмотки трансформатора тока

Для рисования связи щелкните на одном контакте и, не отпуская кнопку, перетащите связь к другому контакту



Выберите пункт меню для ознакомления с элементами схемы



Работа способствует закреплению теоретических знаний в области токовых направленных защит. Она содержит разработку схемы максимальной токовой защиты в двухфазном двухрелейном исполнении, выбор параметров и определение мест установки органов направления мощности защит в радиальной сети с двусторонним питанием и в кольцевой сети с одним источником питания, состоящей из трех линий Л1, Л2 и Л3. В лаборатории производится сборка защит, настройка их на выбранные параметры и экспериментальная проверка этих защит при повреждениях в различных точках сети. Испытания проводятся на стенде (см. приложение к работе N 1).





Контрольные вопросы

Для того, чтобы перейти к выполнению лабораторной работы, необходимо дать ответы на шесть вопросов.

Отвечать можно в любом порядке.

Каждый вопрос имеет четыре варианта ответа. Щелчком мыши по кнопке слева выберите правильный.

Нажатие на кнопку  запускает проверку. Если есть неправильные ответы, то придется пройти тест заново (кнопка ).

Узнать правильные ответы можно, щелкнув по кнопке .



Перечень основных вопросов, необходимых для выполнения исследования, приведен в конце описания лабораторной работы.

Контрольные вопросы

лабораторная работа 3

Какие достоинства имеет схема включения реле направления мощности на ток и напряжение нулевой последовательности?

- Действие при любых видах КЗ.
- Простота и возможность осуществлять защиту без мертвой зоны.
- Отсутствие каскадного действия защиты.
- Все, что указаны в других ответах.



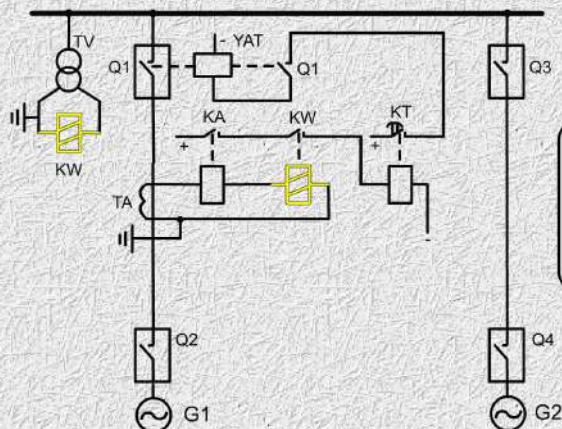
Дайте ответы на шесть вопросов



Изучение схемы

лабораторная работа 3

Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени

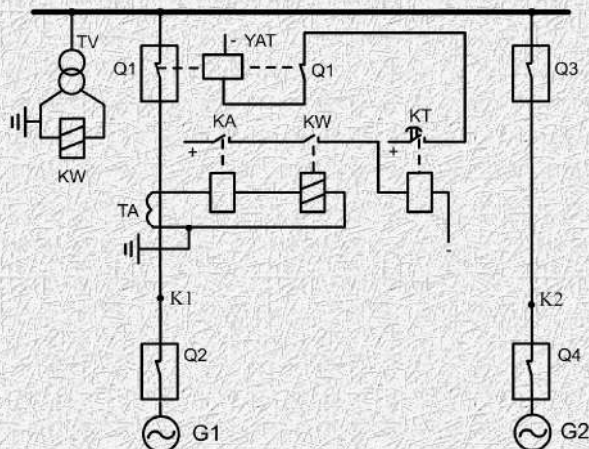


Реле
направления
мощности

Чтобы узнать назначение элементов схемы,
укажите их мышкой



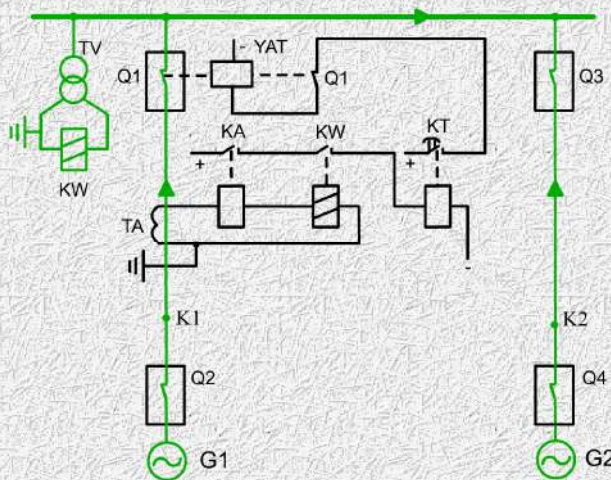
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



А теперь посмотрим, как работает схема
токовой направленной защиты
с независимой выдержкой времени



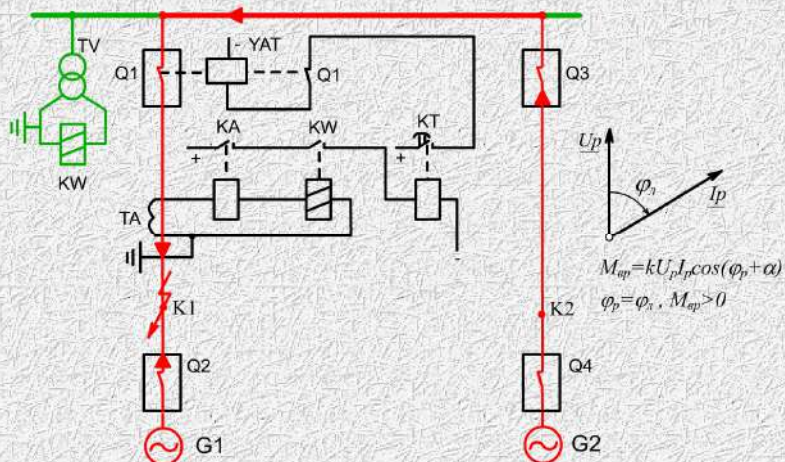
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



В нормальном режиме ток меняется незначительно



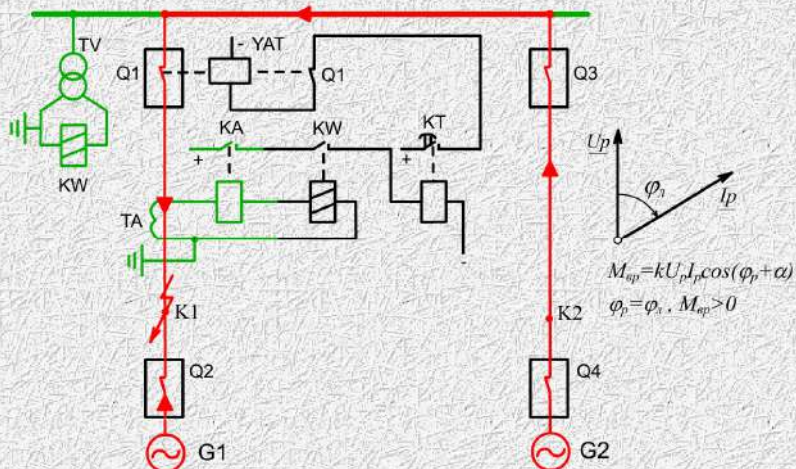
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



При возникновении короткого замыкания в точке K1 ток в линии резко увеличивается



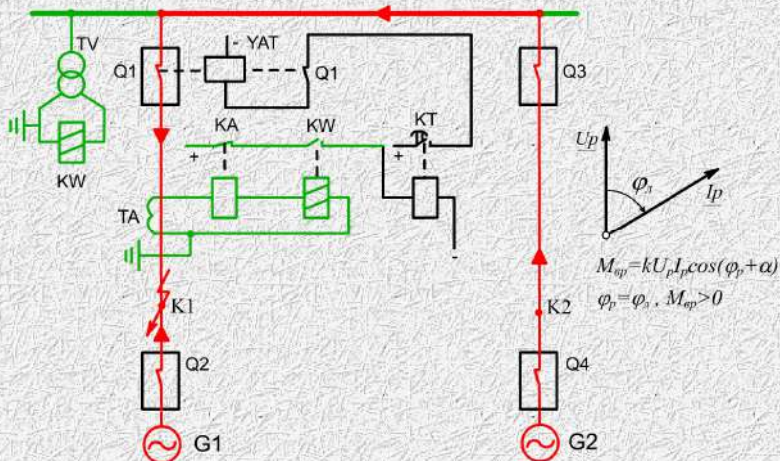
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Увеличение тока короткого замыкания вызывает срабатывание токового реле КА



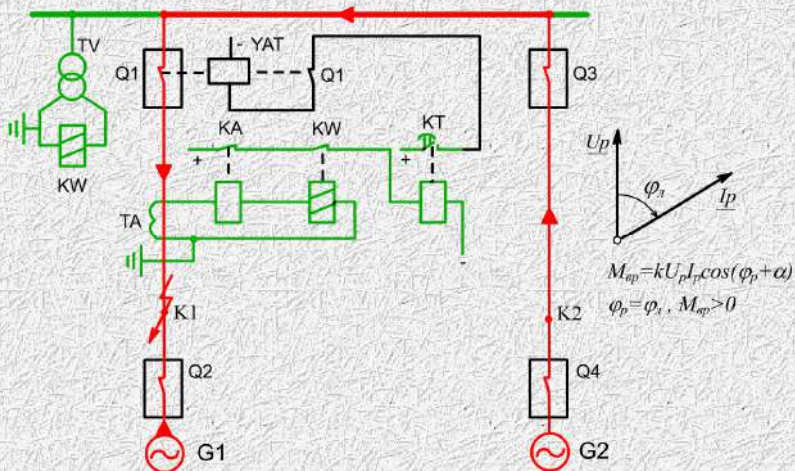
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Так как вращающий момент реле направления мощности положителен, то оно срабатывает



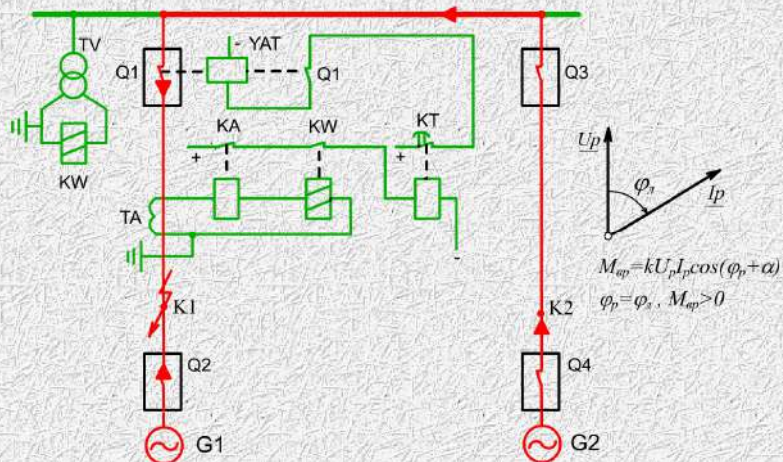
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Через некоторое время срабатывает реле времени



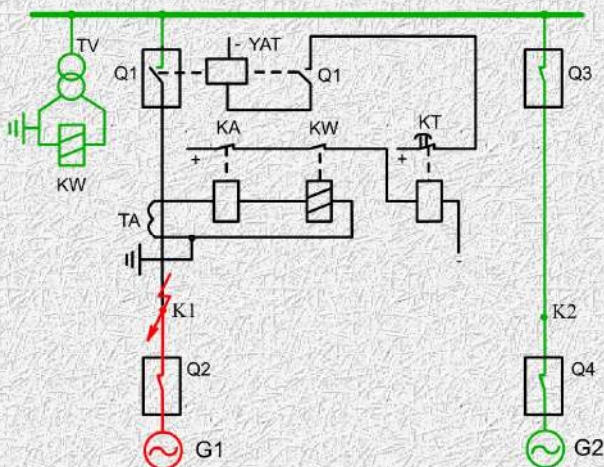
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Это приводит к срабатыванию электромагнита отключения линии



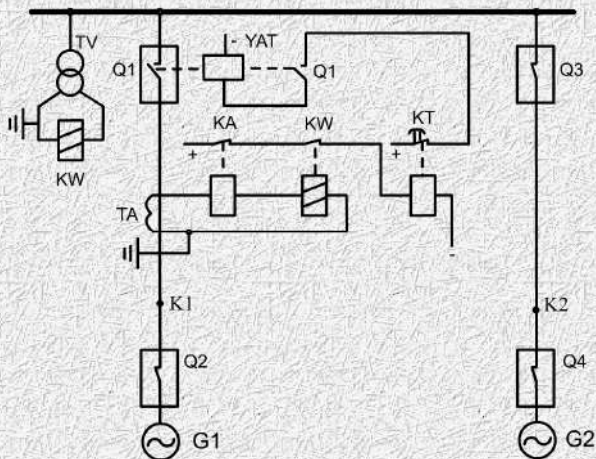
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Поврежденная линия отключена от шин



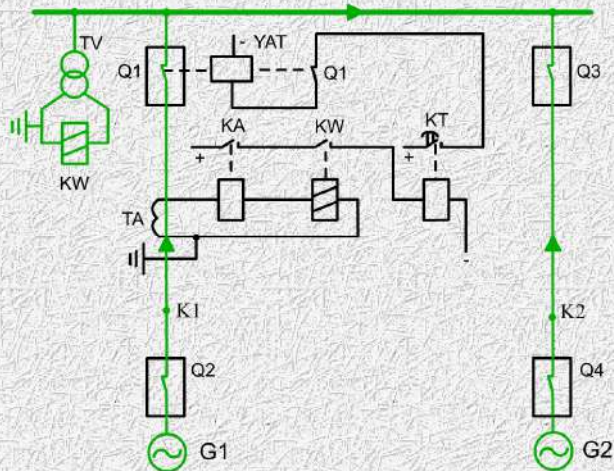
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Теперь посмотрим, что произойдет при возникновении короткого замыкания в точке K2



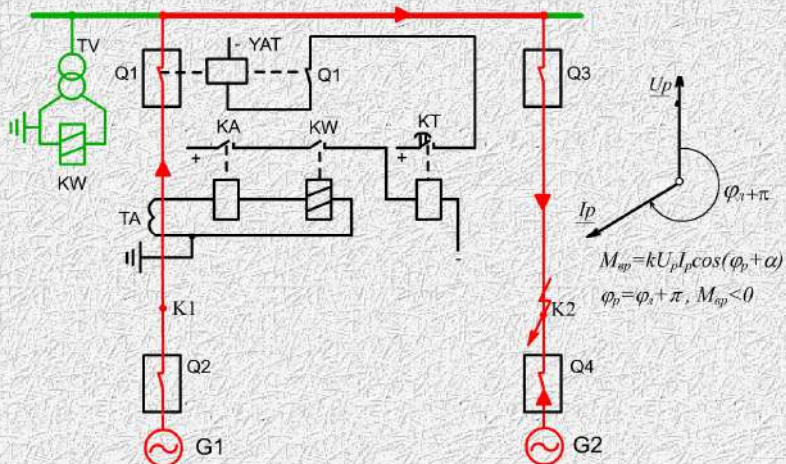
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



В нормальном режиме ток меняется незначительно



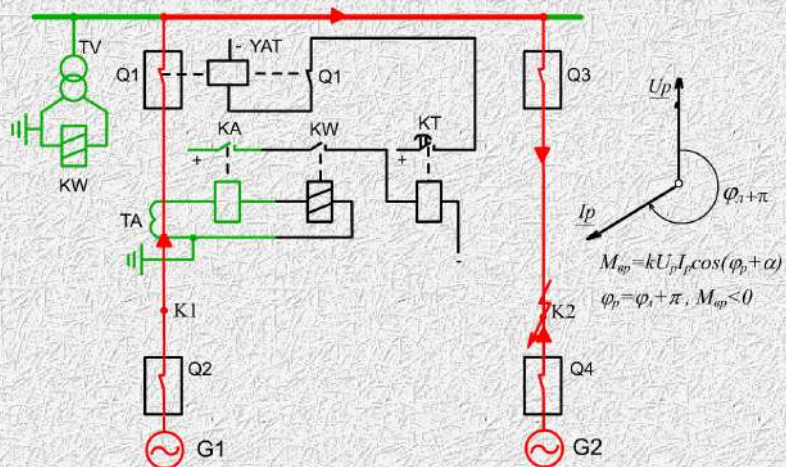
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



При возникновении короткого замыкания в точке K2 ток в линии резко увеличивается



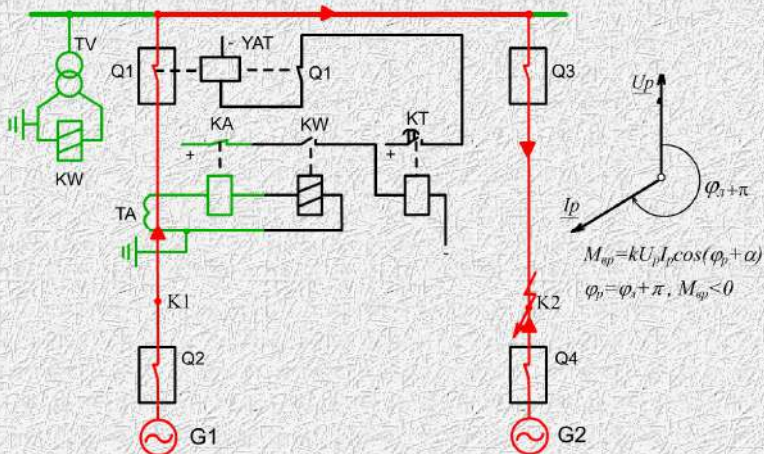
Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Сработает реле тока KA

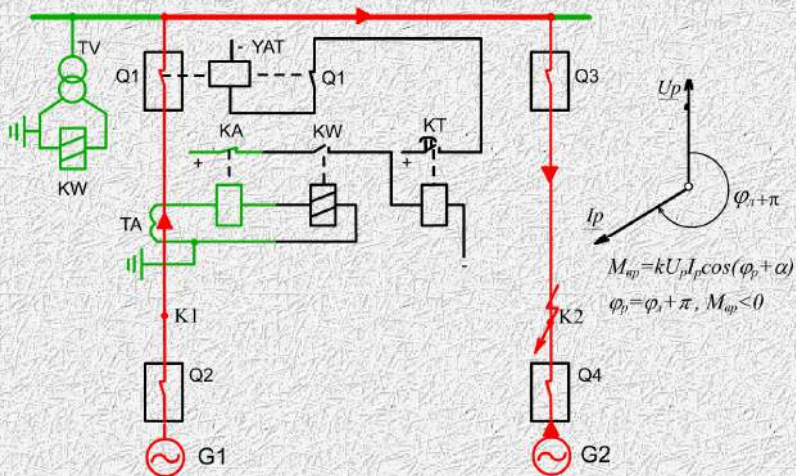


Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



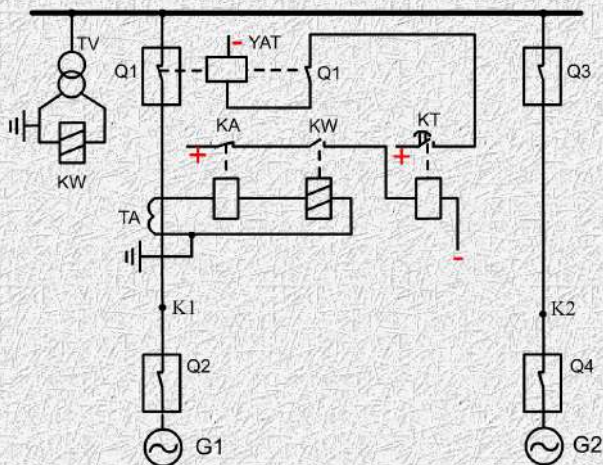
однако,
так как вращающий момент реле направления мощности отрицателен, то оно не срабатывает

Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



Таким образом, при возникновении КЗ в точке К2 защита не срабатывает

Схема токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени



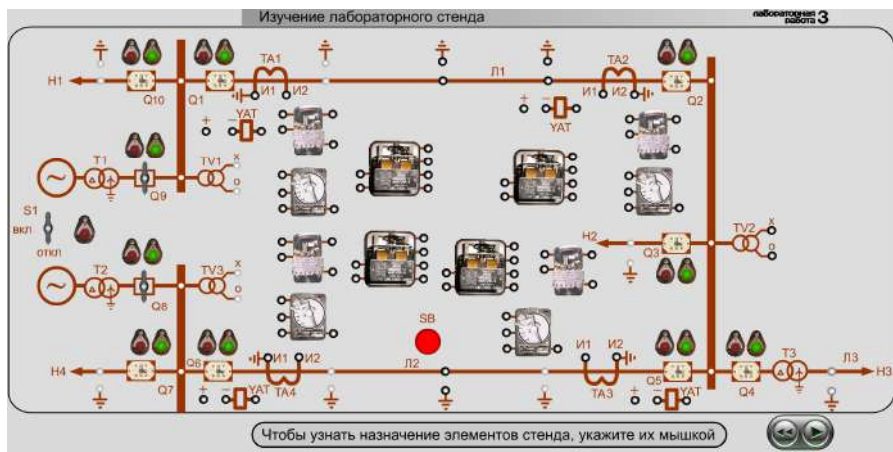
Все реле питаются от источников оперативного тока



Таким образом, защита срабатывает при направлении мощности от шин в линию и не срабатывает при направлении мощности от линии к шинам.

Защита может отказать в действии при замыкании вблизи места ее установки (из-за мертвой зоны реле направления мощности).
В этом случае подействует резервная защита.





Самостоятельный расчет

лабораторная работа 3

Наименование параметра			Значение параметра, варианты			
			1	2	3	4
Максимальный рабочий ток в линии $I_{\text{рвб макс}}(\text{A})$	Л1	При направлении мощности от шин п/ст А к шинам п/ст Б	85	100	47	74
		При направлении мощности от шин п/ст Б к шинам п/ст А	42	48	22	36
	Л2	При направлении мощности от шин п/ст Б к шинам п/ст В	42	50	22	36
		При направлении мощности от шин п/ст В к шинам п/ст Б	60	70	32	52
Выдержки времени защит нагрузок (с)		H_1	0,5	0,5	0,5	0,5
		H_2	0,7	0,6	0	0,5
		H_3	0,5	1	0,5	1,2
		H_4	0,7	0,2	0,3	0,6
Максимальный ток короткого замыкания $I^{(3)}_{\text{max}}(\text{A})$ при повреждении в точках	К1	Со стороны источника А	3300	3960	1650	2640
		Со стороны источника В	140	168	70	112
	К2	Со стороны источника А	1700	2040	850	1360
		Со стороны источника В	160	192	80	128
		Со стороны источника А	140	168	70	112
К3	Со стороны источника А	140	168	70	112	
	Со стороны источника В	3400	4080	1700	2720	
Коэффициент трансформации трансформаторов тока $K_{\text{отс}}$			100	120	50	80
Коэффициент отстройки $K_{\text{отс}}$			1,1	1,2	1,25	1,3
Коэффициент возврата $K_{\text{в}}$			0,8	0,8	0,85	0,85
Коэффициент самозапуска $K_{\text{зд}}$			1,4	1,3	1,2	1,15
Степень селективности $\Delta t(\text{с})$			0,3	0,5	0,6	0,4

Выберите в таблице заданный преподавателем вариант исходных данных.

Завершение работы. Закончив испытания, необходимо выполнить разборку схемы. Для удаления любого проводника достаточно щелкнуть на нем левой кнопкой мыши. Попытка разборки без предварительного отключе-

ния питания стенда равноценна нарушению правил безопасности. По окончании разборки схемы в нижней части экрана будет доступен ряд кнопок, в том числе и кнопка прекращения работы с программой.

Вопросы для самостоятельной подготовки

1. В сети, показанной на рис. 3.1, установлена максимальная токовая направленная защита. Какие из защит A1–A6 имеют максимальную выдержку времени?

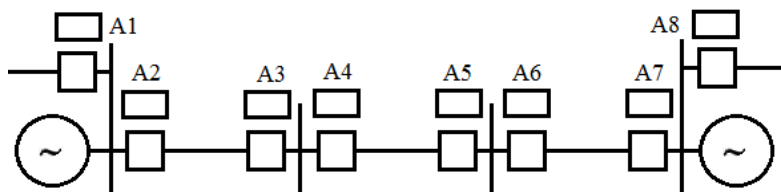


Рис. 3.1

2. С какой целью делается согласование токов срабатывания комплектов максимальной токовой направленной защиты в кольцевых сетях?

3. В схеме двухрелейной максимальной токовой направленной защиты токовая обмотка одного из реле направления мощности включена на ток фазы А, а второго – на ток фазы С. Какие напряжения следует подводить к обмоткам этих реле, чтобы они были включены по 90° –ной схеме?

4. В сети, показанной на рис. 3.2, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты A1, t_2 – у защиты A2 и.т. Выключатели имеют время отключения $t_{ов}$. Произошло КЗ в мертвой зоне реле направления мощности защит на выключателях Q3 и Q4 (в точке К1). С какой выдержкой времени было отключено КЗ?

5. В кольцевой сети, показанной на рис. 3.3, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты A1,

t_2 – у защиты А2 и т.д. Выключатели имеют время отключения $t_{об}$. Произошло КЗ на линии АБ в зоне каскадного действия защит. С какой выдержкой времени было отключено КЗ?

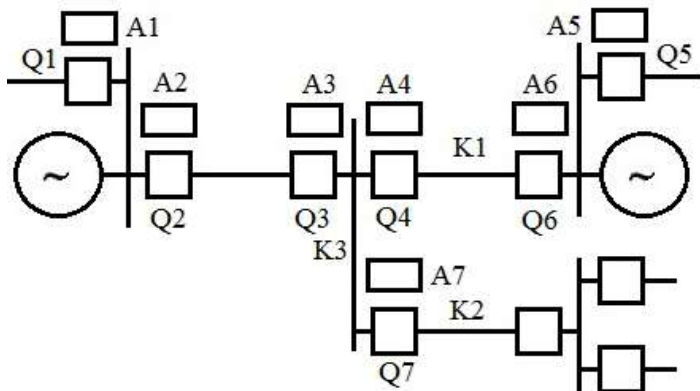


Рис. 3.2

6. В сети, показанной на рис. 3.1, установлена максимальная токовая направленная защита. Какие из защит А1–А8 могут быть выполнены без реле направления мощности?

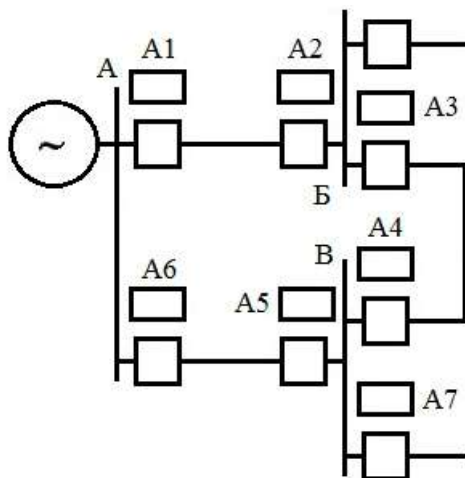


Рис. 3.3

7. Кольцевая сеть с одним источником питания на рис. 3.3 имеет максимальную токовую направленную защиту. Для какой из защит А1–А8 при выборе тока срабатывания можно не учитывать коэффициент самозапуска?

8. Последовательно с линейным выключателем включен трансформатор тока, имеющий две вторичные обмотки. К одной из них подключен амперметр, а к другой – обмотка реле тока пускового органа максимальной токовой защиты. Эту защиту решили сделать направленной. Куда следует включить токовую обмотку реле направления мощности?

9. В сети, показанной на рис. 3.2, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т.д. Выключатели имеют время отключения $t_{\text{ОВ}}$. Произошло КЗ в точке К2, а защита А7 отказала в действии (была неисправна). С какой выдержкой времени было отключено КЗ?

10. В кольцевой сети, показанной на рис. 3.3, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т. Выключатели имеют время отключения $t_{\text{ОВ}}$. Произошло КЗ на линии АБ вне зоны каскадного действия защит. С какой выдержкой времени было отключено КЗ?

11. Какие из комплектов А1–А6 максимальной токовой направленной защиты, установленной в кольцевой сети (рис. 3.3), можно выполнить без замедления?

12. В каких сетях возможно каскадное действие максимальной токовой направленной защиты?

13. Линия напряжением 10 кВ имела максимальную токовую направленную защиту с включением реле тока на разность токов фаз А и С. Эту защиту решили сделать направленной, причем обмотку тока реле направления мощности включили последовательно с обмоткой реле тока. На какое напряжение следует подключить обмотку напряжения реле направления мощности, чтобы оно было включено по 90°-ой схеме?

14. В сети, показанной на рис. 3.2, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т. Выключатели имеют время отключения $t_{\text{ОВ}}$. Произошло КЗ в точке КЗ. С какой выдержкой времени было отключено КЗ?

15. В кольцевой сети, показанной на рис. 3.3, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т.д. Выключатели имеют время отключения $t_{\text{ОВ}}$. Произошло КЗ на линии БВ в мертвой зоне реле направления мощности защиты А2. Каково будет поведение защит?

16. Какие из комплектов А1–А6 максимальной токовой направленной защиты, установленной в кольцевой сети (рис. 3.3), можно выполнить без пусковых органов?

17. Какова область применения максимальной токовой направленной защиты?

18. В сети, показанной на рис. 3.1, защита отключила КЗ на линии АБ, но при этом произошло приваривание контактов реле направления мощности в комплекте защиты А3, что осталось незамеченным персоналом. После ремонта линии АБ она была включена. Какой недостаток имеет теперь защита?

19. В кольцевой сети, показанной на рис. 3.3, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т.д. Выключатели имеют время отключения $t_{\text{ОВ}}$. Произошло КЗ на линии ВГ, а защита А7 отказала в действии (была неисправной)?

20. В кольцевой сети установлена максимальная токовая направленная защита. К чему может привести КЗ в зоне каскадного действия этой защиты?

21. В каких случаях максимальную токовую направленную защиту следует выполнять с органом контроля неисправностей цепей напряжения?

22. В каких сетях максимальная токовая направленная защита не может работать селективно?

23. В некоторых случаях максимальную токовую направленную защиту автоматически выводят из действия при КЗ на землю. Для чего это делается?

24. На рис. 3.4, а) показана схема цепей тока максимальной токовой направленной защиты. Как следует подводить оперативный ток к обмотке реле времени КТ: по схеме рис. 3.4, б) или по схеме рис. 3.4, в)?

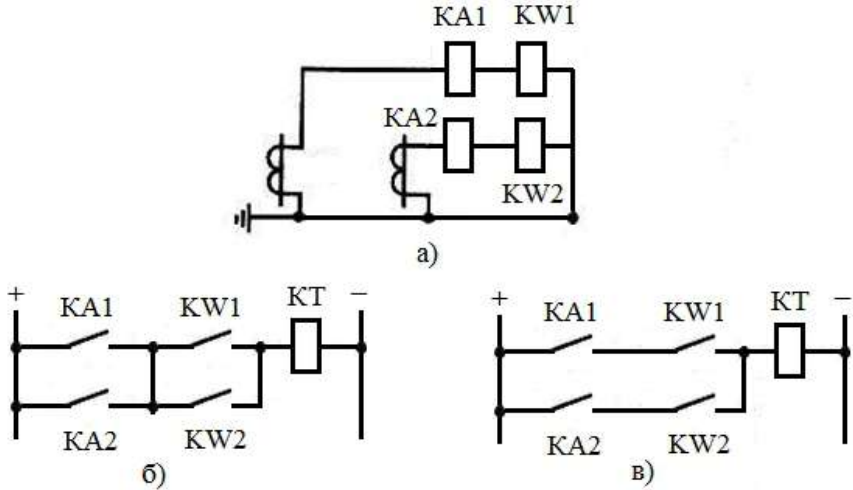


Рис. 3.4

25. В сети, показанной на рис. 3.1, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т.д. Выключатели имеют время отключения $t_{об}$. Каково будет поведение защит при КЗ на линии АБ в мертвой зоне реле направления мощности защиты А3?

26. В сети, показанной на рис. 3.3, установлена максимальная токовая направленная защита. Почему нежелательно, чтобы один и тот же участок линии АБ одновременно входил в зону каскадного действия защит А1 и А2 и в мертвую зону реле направления мощности?

27. В некоторых случаях максимальную токовую направленную защиту выполняют с органом контроля неисправности цепей напряжения. Каково должно быть дей-

ствие этого органа: на отключение выключателя, на сигнал или нечто другое?

28. Каковы особенности выбора тока срабатывания максимальной токовой направленной защиты?

29. В сети, показанной на рис. 3.2, установлены максимальные токовые направленные защиты, имеющие следующие выдержки времени: t_1 – у защиты А1, t_2 – у защиты А2 и т. Выключатели имеют время отключения $t_{ов}$. Произошло КЗ на линии БВ за пределами мертвых зон защит, но защита А4 оказалась неисправной (не действовала). С какой выдержкой времени было отключено короткое замыкание?

30. В кольцевой сети, показанной на рис. 3.3, установлены максимальные токовые направленные защиты. Какие из защит А1–А6 могут действовать каскадно и в каких точках сети могут возникать КЗ, приводящие к каскадному действию защит?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Андреев В.А. Релейная защита: учебник. – М.: Энергоатомиздат, 2005.

2. Почаевец В.С. Защита и автоматика устройств электроснабжения: учебник. – М.: УМЦ, 2007.

3. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник. – М.: КолосС, 2008.

Нормативная и справочная

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.

3. Уваров Н.В., Дойников В.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике: учебно-практическое пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2008.

Дополнительная

1. Калентионок Е.В., Прокопенко В.Г., Федин В.Т. Оперативное управление в энергосистемах: учебное пособие. – Минск: Высшая школа, Минск, 2007.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	3
2. ВЫПОЛНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	9
2.1. Лабораторная работа № 1. Исследование максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени в радиальной сети с односторонним питанием	9
2.2. Лабораторная работа № 2. Исследование токовой отсечки в радиальной сети с односторонним питанием	26
2.3. Лабораторная работа № 3. Исследование токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени	42
Рекомендуемая литература	66

Учебное издание

Сазыкин Василий Георгиевич
Кудряков Александр Георгиевич
Масенко Алексей Владимирович

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

Методические указания
к лабораторным работам

Компьютерная верстка
Багметов А.А

Подписано в печать 03.03.2014

Формат 60×84/16.

Бумага для копир.-мн. ап. Гарнитура Bookman Old Style (11).

Печать плоская. Усл. п.л. 4,0.

Тираж 50 экз.

Типография «КРОН», Краснодар

Отпечатано с готового оригинал-макета