

Министерство сельского хозяйства РФ
Департамент кадровой политики и образования
Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия

Кафедра Электроснабжения с.х. и ТОЭ

**МАКСИМАЛЬНЫЕ ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКИХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Волгоград 2005

Одобрено и рекомендовано к печати кафедрой «Электроснабжение сельского хозяйства и ТОО» и методической комиссией факультета электрификации с.х. ВГСХА.

Максимальные токовые защиты в сельских распределительных сетях. Методические указания по выполнению лабораторных работ / Сост. Р.П. Короткий, В.В. Цыганов; Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2005, 51с.

Приведены указания по выполнению лабораторных работ на темы «Изучение и испытание максимальных токовых защит с зависимой характеристикой» и «Изучение и испытание максимальных токовых защит с независимой характеристикой».

Для студентов УМЦ «Инженер-электрик» очного и заочного обучения по специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Лабораторная работа №7

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ С ЗАВИСИМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Цель работы: Изучить устройство и принцип действия максимальных токовых защит (МТЗ и МТО). Отработать практические навыки регулировки параметров МТЗ и МТО на примере защиты, выполненной на индукционном токовом реле РТ - 85.

Программа работы

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, необходимым для выполнения работы.
2. Проверить состояние механической части реле РТ – 85.
3. Собрать схему рис.2.
4. Проверить работу максимальных токовых защит (МТЗ, МТО) на реле РТ – 85.
5. Привести двухфазную двухрелейную схему защиты с дешунтированием электромагнитов отключения, дать описание ее работы (на реле РТ – 85).
6. Сделать выводы по содержанию работы.

Выполнение работы (методические указания к пунктам программы).

1. В состав лабораторного стенда входят: лабораторный автотрансформатор ЛАТР, погрузочный трансформатор ОСО – 0,25 220/36, добавочное сопротивление R, служащие для создания нужных токов в реле защиты.

- трансформатор тока И 54,
- амперметр с током полного отклонения 5 А,
- секундомер ПВ – 5 ЭЛ,

- реле тока РТ – 85/2, на котором реализуется защита,
- реле тока РТ-40/2, имитирующее электромагнит отключения УАТ.

2. Проверют свободный ход осей у рамки, якоря отсечки и зубчатого сектора, убеждаются в отсутствии заедания в подпятниках и подшипниках.

3. При сборке схемы обратить внимание на правильность подключения ЛАТР к сети (рубильнику) и понижающему трансформатору. Секундомер подключается к розетке, установленной на стенде с помощью специальной вилки, входящей в комплект соединительных проводов. Разомкнутый контакт реле РТ-40/2 (УАТ) включается параллельно обмотке секундомера.

4. Проверку защит, выполненных на реле РТ-85/2, следует проводить в следующей последовательности:

- отрегулировать параметры срабатывания защит. Для реле РТ-80 параметрами срабатывания являются: ток уставки I_y , время уставки T_y и кратность отсечки $K_{отс}$. Преподавателем задается точка в поле характеристик реле РТ-80, через которую должна пройти характеристика МТЗ и ток срабатывания отсечки $I_{ур}$, $I_{ср}$, $t_{ср}$, $I_{с.о.}$, где

$I_{ср}$ – ток срабатывания МТЗ;

$t_{ср}$ – время срабатывания МТЗ при этом токе ;

$I_{с.о.}$ – ток срабатывания отсечки.

Чтобы подобрать T_y и отрегулировать реле на заданную характеристику по одной контрольной точке следует поступить следующим образом.

Пусть задано: $I_y = 2A$, $I_{ср} = 6A$, $t_{ср} = 4 с$, $I_{с о} = 12A$.

Определим кратность тока в реле к току уставки

$$K_I = \frac{I_{ср}}{I_y} = \frac{6}{2} = 3 .$$

Находим на времятоковых характеристиках реле точку с координатами $t_{ср} = 4с$, $K_I = 3$, через которую должна пройти искомая характеристика защиты.

Если контрольная точка попадает в независимую часть характеристики, то $T_y = t_{cp}$, и это время сразу устанавливаем на шкале выдержек времени.

Если же контрольная точка попадает в зависимую часть характеристик, путем интерполяции определяем положение этой точки в независимой части характеристиками при кратности тока в реле $K_I = 10$.

Полученное при этом время и будет временем уставки реле T_y . В нашем случае $T_y = 2,5$ с.

Установим на реле $I_y = 2$ А, $T_y = 2,5$ с, $K_{отс} = \max$.

Отключим секундомер и установим в реле с помощью нагрузочного трансформатора ток, равный $I_{cp} = 6$ А. Выключим рубильник, включим секундомер и, толчком подавая ток в реле, замерим фактическое время срабатывания реле.

Если полученное время срабатывания отличается от $t_{cp} = 4$ с, то, регулируя положение указателя уставок по времени, добиваемся точного совпадения времени срабатывания со временем заданной контрольной точки.

После этого на реле должна быть установлена уставка отсечки (кратность отсечки) $K_{отс} = \frac{I_{co}}{I_y} = \frac{12}{2} = 6$.

Снимаем 4÷5 точек характеристики на принятых уставках при кратностях тока в реле от $1,5 I_y$ до $10 I_y$.

При установке нужного тока через реле секундомер отключается, а установка тока проводится при разомкнутой магнитной системе реле РТ-85/2.

Опыты проводить при закрытой крышке реле.

После каждого срабатывания необходимо поднимать блинкер.

Данные опытов сводятся в таблицу.

K_I	1,5	2	3	4	5	6	$K_{отс}$	10
t_1								
t_2								
t_3								
t_{cp}								

Построить зависимость времени срабатывания защит от тока реле I_p .

Пункты программы 5 и 6 выполняются самостоятельно при оформлении отчета. При этом следует пользоваться указанной литературой и материалом настоящих методических указаний.

Контрольные вопросы.

1. В чем заключаются преимущества и недостатки максимальных токовых защит на вторичных реле косвенного действия?
2. В чем заключаются преимущества защит с зависимой характеристикой по сравнению с защитами, имеющими независимую характеристику?
3. В чем заключаются преимущества двухступенчатых токовых защит по сравнению с отдельно взятыми МТЗ и МТО?
4. В чем заключается принцип действия защит с дешунтированием электромагнитов отключения выключателей?
5. Каким образом определяется уставка по времени реле РТ-85 МТЗ, если задана контрольная точка характеристики защиты?
6. Как определить уставку МТО, если известен ток срабатывания отсечки $I_{с.о.}$?
7. Объясните вид характеристики двухступенчатой максимальной токовой защиты на реле РТ-85.
8. Объясните вид характеристики МТЗ, выполненной с помощью предохранителя.
9. Какие схемы используются в защитах на реле РТ-85?

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ С НЕЗАВИСИМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Цель работы: Изучить устройство и принцип действия максимальных токовых защит (МТЗ и МТО). Отработать практические навыки регулировки их параметров на примере комплекта защиты серии КЗ. с электромеханическими реле.

Программа работы.

1. Ознакомиться с комплектом защиты КЗ-36 и другими приборами и оборудованием, необходимыми для выполнения работы.
2. Проверить исправность механических частей реле, входящих в комплект МТЗ и МТО.
3. Собрать схему рис. 1.
4. Проверить работу максимальных токовых защит (МТЗ, МТО) в полной схеме.
5. Привести полную схему двухступенчатой МТЗ на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения. Дать краткое описание ее работы.
6. Сделать выводы по содержанию работы.

Выполнение работы (методические указания к пунктам программы)

1. В состав лабораторного стенда входят: лабораторный автотрансформатор, нагрузочный трансформатор ОСО – 0,25 220/36, добавочное сопротивление R, служащие для создания нужных токов.

- Трансформатор тока И 54,
- амперметр с током полного отклонения 5А,
- секундомер ПВ – 5 ЭЛ,
- Комплект защиты КЗ-36-44 (см. рис. 1), предназначенный для выполнения МТЗ на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения УАТ. Комплект КЗ-36 выполнен на реле времени

РВМ-12. Кроме реле времени комплект имеет два реле тока РТ-40, два промежуточных реле РП-341 и указательное реле РУ-21.

- Реле РТ-40/10 и указательное реле РЭУ-11 для выполнения МТО,
- Реле РТ-40/2, имитирующее электромагнит отключения УАТ.

2. Проверяется наличие всех реле в комплекте КЗ-36, надежность их креплений и электрических соединений. Четкость хода подвижных частей реле и возврата их в исходное положение.

3. При сборке схемы обратить внимание на правильность подключения ЛАТра к сети и понижающему трансформатору. Секундомер подключать к розетке, установленной на стенде с помощью специальной вилки, входящей в комплект соединительных проводов. При сборке полной схемы достаточно включить последовательно с реле РТ-40/10 МТО одну из фаз комплекта КЗ-36.

Разомкнутый контакт реле РТ-40/2 (УАТ) следует использовать для остановки секундомера.

4. Проверку работы максимальных токовых защит проводить в следующей последовательности:

- Отрегулировать параметры срабатывания защит (параметры срабатывания защит задаются преподавателем).

- Отключить секундомер (выдернуть вилку питания секундомера из розетки). Плавно увеличивая ток, убедиться в срабатывании токовых реле МТЗ и МТО, а также проверить взаимодействие реле схемы МТЗ.

- Снять зависимость времени срабатывания защиты от тока. Ток изменять в пределах от тока срабатывания реле РТ-40 комплекта КЗ-36 до тока срабатывания реле РТ-40 МТО (от $I_{ср\ МТЗ}$ до $I_{ср\ МТО}$).

Установку тока производить с выключенным секундомером. Измерения проводить с трехкратным повтором в каждой точке. После каждого срабатывания защиты возвращать в исходное состояние указательное реле.

Занести полученные данные в таблицу.

I_p							
t_1							
t_2							
t_3							
t_{cp}							

Построить зависимость времени срабатывания защит от тока реле I_p .

Пункты программы 5 и 6 выполняются самостоятельно при оформлении отчета. При этом используется указанная литература и материал настоящих методических указаний.

Контрольные вопросы.

1. Укажите известные вам источники оперативного тока.
2. Опишите принципы использования переменного оперативного тока в максимальных токовых защитах.
3. Каковы преимущества и недостатки защит с независимой характеристикой.
4. Опишите элементную базу защит с независимой характеристикой на переменном оперативном токе.
5. Каким образом регулируются уставки МТЗ и МТО с независимой характеристикой?
6. Какие характеристики могут иметь максимальные токовые защиты?
7. Опишите вид характеристики двухступенчатой максимальной токовой защиты с независимой характеристикой.
8. Объясните принцип действия МТЗ и МТО.
9. Как реализуются требования, предъявляемые к защитам на примере двухступенчатой максимальной токовой защиты.

10. Какие схемы используются при выполнении двухступенчатой максимальной токовой защиты с независимой характеристикой на переменном оперативном токе?

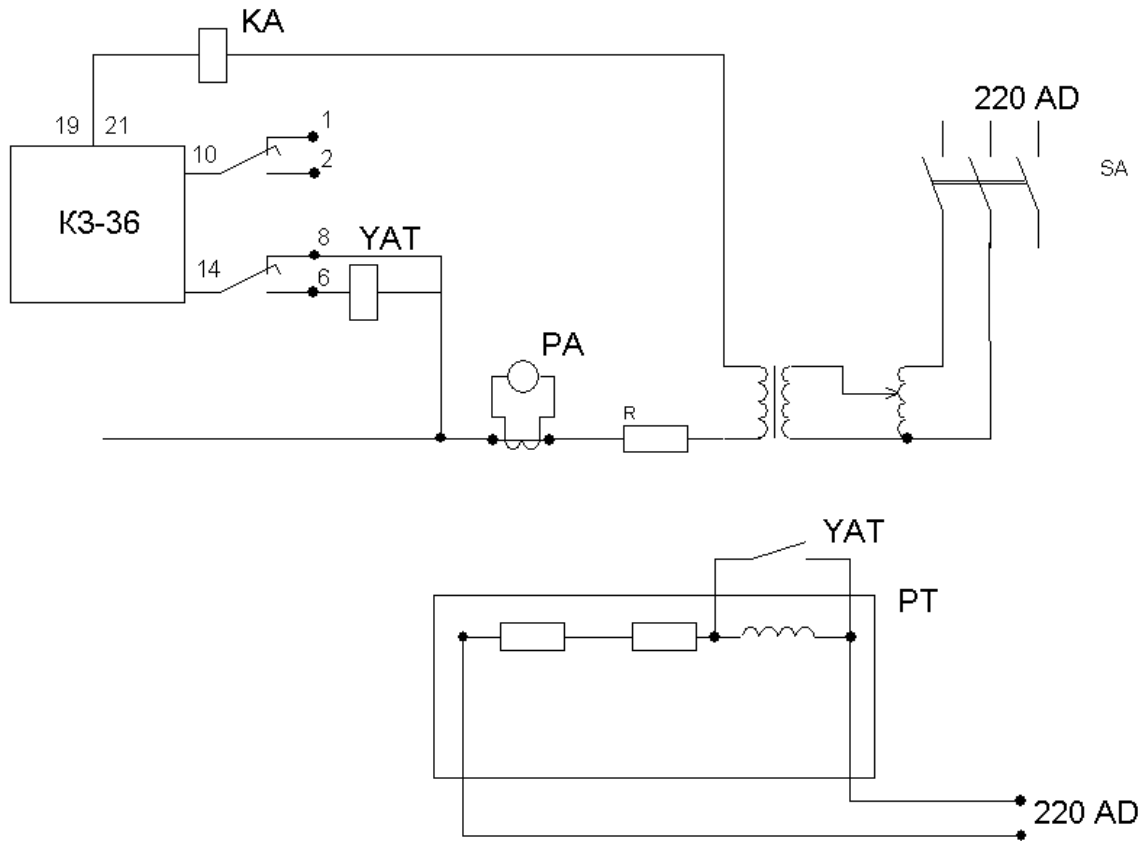


Рис. 1. Схема испытания максимальных токовых защит с независимой характеристикой

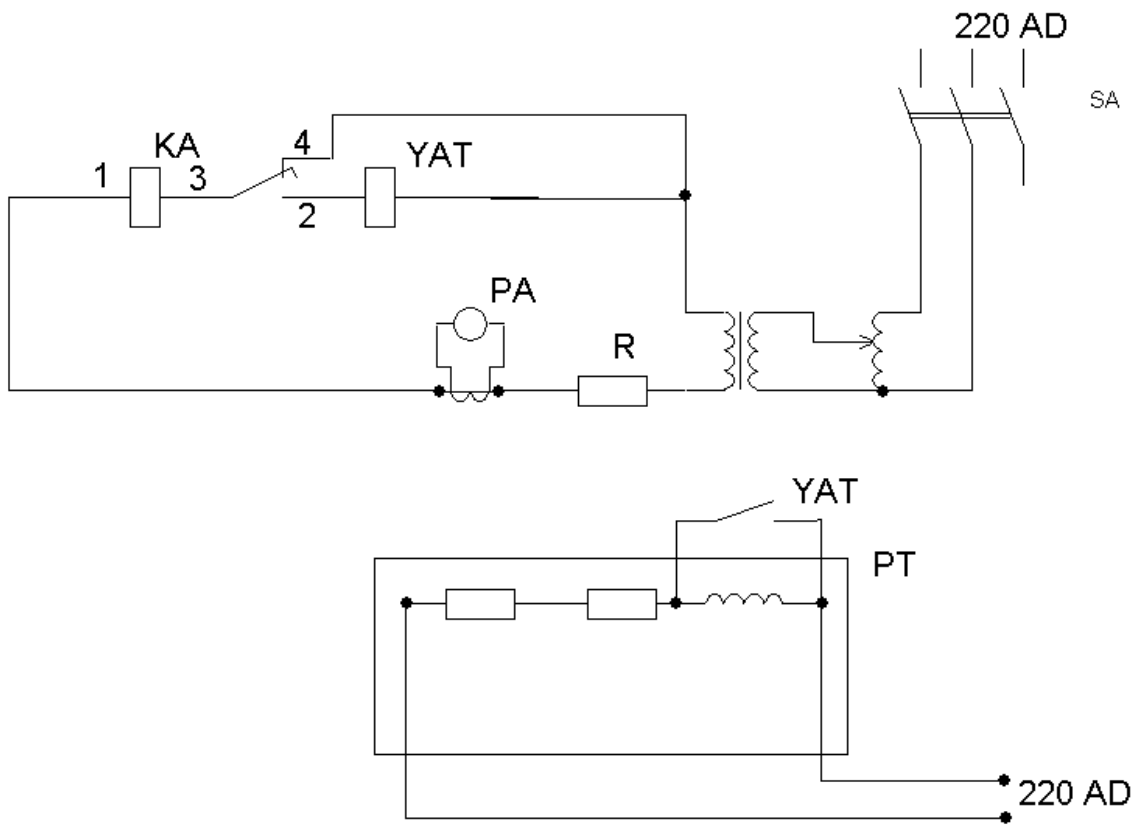


Рис. 2. Схема испытания максимальных токовых защит с зависимой характеристикой

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Общие понятия о релейной защите и автоматике

Системы электроснабжения промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства представляют собой сложный производственный комплекс, состоящий из электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией. Элементы этого производственного комплекса участвуют в едином производственном процессе преобразования, распределения и потребления электрической энергии. Эти системы работают без накопления производимой и распределяемой продукции, рассредоточены по большим территориям и имеют протяженность от нескольких десятков до сотен и тысяч километров.

Элементы электрической системы: линии, трансформаторные подстанции, источники электрической энергии, сборные шины, приемники электрической энергии и другое электрооборудование подвергаются воздействию различных факторов, приводящих в определенных условиях к повреждению отдельных элементов и нарушению их нормальной работы. Наиболее частые и опасные повреждения – короткие замыкания между фазами электрической установки и короткие замыкания фаз на землю в сетях с глухозаземленной нейтралью. Возможны и более сложные повреждения, сопровождающиеся короткими замыканиями и обрывом фаз.

В электрических машинах и трансформаторах наряду с указанными повреждениями возникают замыкания между витками одной фазы. Вследствие коротких замыканий нарушается нормальная работа системы электроснабжения с возможным выходом из синхронизма синхронных генераторов, компенсаторов и двигателей, что приводит к нарушению нормальной работы потребителей. Опасность представляют также термическое и динамическое действие сверхтока, возникающего при коротких замыкани-

ях, как непосредственно в месте повреждения, так и при прохождении его по неповрежденному оборудованию.

Ненормальные режимы работы электроустановок возникают при замыкании на землю в сетях с изолированной нейтралью или нейтралью, заземленной через дугогасящие реакторы. При этом ток замыкания на землю, как правило, невелик (несколько десятков ампер). Междофазные напряжения не изменяются, и работа системы электроснабжения не нарушается. Но в этом случае возникает опасность перехода однофазного короткого замыкания на землю в междофазные, т.к. повышаются напряжения «неповрежденных» фаз относительно земли.

Ненормальные режимы работы электроустановок обусловлены также сверхтоками, возникающими при перегрузках, и внешними короткими замыканиями. При этом по неповрежденному оборудованию проходят значительные токи, оказывающие термическое и динамическое воздействие на оборудование, что приводит к преждевременному старению изоляции и износу оборудования.

К ненормальным режимам относятся броски намагничивающих токов трансформаторов и автотрансформаторов, возникающие при включении под напряжение и при восстановлении напряжения после отключения короткого замыкания. Величина этих токов может в несколько раз превышать значения номинального тока трансформатора $I_{\text{нам}} \approx (8 \div 9) I_{\text{ном}}$.

При запуске и самозапуске асинхронных двигателей также возникают кратковременно существующие токи, в несколько раз превышающие максимальный рабочий ток участка электрической сети.

Эксплуатационный персонал не может с надлежащей быстротой выполнить операции по управлению, обнаружению повреждений и восстановлению нормальных режимов работы. Следовательно, рассмотренные нами системы электроснабжения не могут существовать без широкой автоматизации, основные задачи которой состоят в следующем:

- 1) повышение надежности (бесперебойности) электроснабжения;
- 2) повышения качества электрической энергии (частоты, напряжения);
- 3) повышение экономичности электрического снабжения.

Устройства автоматики систем электроснабжения можно условно разделить на три группы:

1. устройства релейной защиты;
2. устройства противоаварийной автоматики;
3. устройства телемеханики.

Особое значение среди устройств автоматики имеют устройства релейной защиты от аварийных и ненормальных режимов в системах электроснабжения.

Согласно ПУЭ (п. 3.2.2.), электроустановки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, предназначенными для:

а) автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической системы (электроустановки) с помощью выключателей; если повреждения (например, замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью) непосредственно не нарушают работу электрической системы, допускается действие релейной защиты только на сигнал;

б) реагирования на опасные, ненормальные режимы работы элементов электрической системы (например, перегрузку, повышение напряжения в обмотке статора гидрогенератора); в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение технических элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

2. Требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты

Релейной защитой называются специальные устройства, состоящие из реле и других аппаратов, которые выполняют следующие функции:

- 1) обнаружение нарушения режима или повреждение;
- 2) определение степени опасности нарушения режима или повреждения;
- 3) отключение поврежденного элемента и выдача сигнала оперативному персоналу о нарушении режима;
- 4) выдача сигнала на включение противоаварийной автоматики с целью восстановления нормального электроснабжения.

Для выполнения заданных функций защиты должна удовлетворять следующим требованиям.

Быстродействие релейной защиты – должно обеспечивать наименьшее возможное время отключения короткого замыкания. Это повышает устойчивость параллельной работы источников питания и потребителей электрической энергии. Уменьшает размеры разрушения поврежденного элемента и снижает вероятность перехода к более тяжелому виду к.з. (быстродействия как правило не требуется при защите от ненормальных режимов).

Селективность действия защиты (избирательность) – способность защиты автоматически отключать только поврежденный элемент электроустановки (линия, трансформатор, двигатель). При этом поврежденный элемент отключается от источника питания ближайшими к нему выключателями.

Различают защиты с абсолютной относительной селективностью. Требования быстродействия и селективности наиболее просто удовлетворяются при использовании защит с абсолютной селективностью (например, дифференциальной защиты трансформаторов, линий и других элементов системы электроснабжения). Эти защиты выполняются с мгновенным действием на отключение поврежденного элемента. Защиты с относи-

тельной селективностью могут срабатывать также при повреждении смежных элементов. Если при отказе защиты нижестоящего элемента повреждение не отключается, они должны подать команду на отключение вышестоящего элемента (по отношению к источнику питания). Следовательно, такие защиты могут работать как резервные и в общем случае должны выполняться с выдержкой времени.

Зачастую требования быстродействия и селективности являются противоречивыми, т.к. для обеспечения селективности приходится увеличивать выдержку времени. Могут быть случаи, когда требуется снижение времени отключения к.з. даже в ущерб селективности.

Правила устройства электроустановок предусматривают случаи не-селективного действия защиты, исправляемые последующими действиями устройств автоматики (АПВ и АВР).

Чувствительность – способность защиты четко отличать аварийные и ненормальные режимы работы от нормальных, реагировать на малые изменения контролируемого параметра и отключать все виды повреждений и аварийных режимов, которые могут возникать в пределах защищаемой зоны.

Согласно ПУЭ (п. 3.2.20), оценка чувствительности основных типов релейных защит должна производиться при помощи коэффициента чувствительности, определяемого для защит, реагирующих на величины, возрастающие в условиях повреждений, - как отношение расчетных значений этих величин (например, тока или напряжения) при металлическом к.з. в пределах защищаемой зоны к параметрам срабатывания защит.

Расчетные значения величин должны устанавливаться, исходя из наиболее неблагоприятных видов повреждения, но для реально возможного режима работы электрической системы.

Для токовых защит коэффициент чувствительности равен

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к min}}}{I_{\text{с.з.}} K_{\text{сх}}},$$

где $I_{\text{к min}}$ — наименьшее значение периодической составляющей тока короткого замыкания, в защищенной зоне, при наиболее неблагоприятном режиме работы системы;

$I_{\text{с.з.}}$ — установленный на защите ток ее срабатывания;

$K_{\text{сх}}$ — коэффициент схемы, зависящий от схемы присоединения реле к трансформаторам тока.

Примечание. Под «металлическими к.з.» понимают такие короткие замыкания, которые не учитывают возможные переходные сопротивления в месте короткого замыкания, в том числе сопротивление электрической дуги.

Надежность функционирования – способность безотказной работы защиты, которая предполагает срабатывание устройства при появлении условий на срабатывание и несрабатывание при их отсутствии. Согласно ПУЭ п. (3.2.7.), надежность должна быть обеспечена применением устройств, которые по своим параметрам и исполнению соответствуют назначению, а также надлежащим обслуживанием этих устройств.

При необходимости следует использовать специальные меры повышения надежности функционирования, в частности схемное резервирование, непрерывный или периодический контроль состояния и др. Должна также учитываться вероятность ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении необходимых операций с релейной защитой. По Правилам на каждом элементе электроустановки должна быть предусмотрена основная защита, срабатывающая при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента. При ее отказе должно быть обеспечено дальнейшее резервирование, т.е. должны действовать смежные защиты, установленные по направлению к источнику питания.

Если дальнейшее резервирование при к.з. на каком-либо элементе не обеспечивается, то на этом элементе должно осуществляться ближнее резервирование, т.е. установка двух или более независимых устройств защиты, резервирующих друг друга. Если основная защита элемента обладает абсолютной селективностью, то на данном элементе также устанавливается резервная защита, выполняющая функции не только дальнего, но и ближнего резервирования при отказе основной защиты данного элемента электроустановки.

3. Элементы и функциональные части релейной защиты и автоматики

Устройства релейной защиты, автоматики и телемеханики состоят из отдельных функциональных элементов, связанных между собой общей схемой. Задача каждого элемента – преобразовать входные сигналы, полученные от предыдущего элемента, и передать их последующему элементу. В устройствах защиты условно можно выделить следующие части.

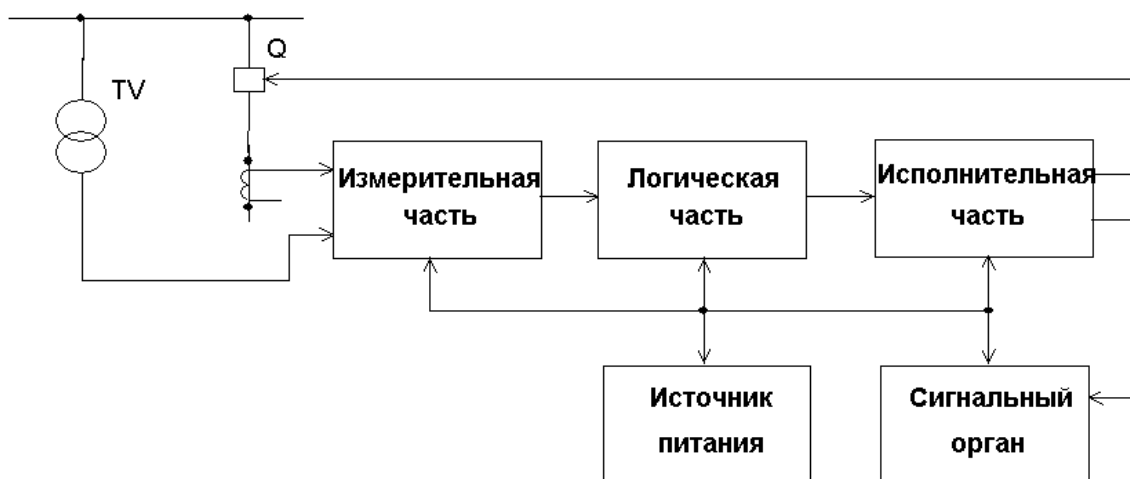


Рис. 3. Функциональная схема релейной защиты и автоматики

Измерительная часть, включающая измерительные органы, непрерывно контролирует состояние защищаемого объекта и определяет условия срабатывания в соответствии со значениями входных воздействующих величин. Входной сигнал в данном случае является аналоговым и характеризуется непрерывным изменением воздействующей величины во време-

ни. В измерительной части входной аналоговый сигнал преобразуется в дискретный выходной сигнал, имеющий два значения информационного параметра. Этот сигнал поступает на вход логической части.

Логическая часть, включающая логические органы, формирует управляющее воздействие в зависимости от комбинации и последовательности поступающих на нее сигналов измерительной части. Выходной сигнал ее является дискретным и поступает на вход исполнительной части.

Исполнительная часть выдает выходные дискретные воздействия на отключение и включение выключателей синхронных генераторов, трансформаторов, линий электропередач и других элементов электрической сети.

Сигнальные органы подают сигналы о срабатывании устройства защиты или отдельных ее частей.

Для питания измерительной и логической части, исполнительного и сигнального органов предусматриваются *источники оперативного тока*.

Измерительная часть защит получает информацию о токах и напряжениях через первичные измерительные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения.

В зависимости от типа защиты эта информация о токах (напряжениях) может подаваться как с одной стороны защищаемого элемента, так и с обеих сторон сразу (или даже с другой электроустановки) по специальным каналам связи.

Все части защиты, за исключением источника питания, выполняют с помощью электрических реле, аппаратов, обладающих релейным эффектом и имеющих, как минимум, один вход и один выход. Релейный эффект заключается в скачкообразном изменении выходной величины при достижении входной величиной заранее заданного уровня.

Тот факт, что защиты выполнены на основе электрических реле, отражается в самом термине «релейная защита».

В соответствии с функциональной схемой устройства релейной защиты в измерительной части используются измерительные реле РТ-40; РТ-140, РН-50, РТ-80, РТ-90, РБМ, реле сопротивления КРС.

В логической части используются реле времени РВ-100, РВ-200, РВМ-12, РВМ-13 и промежуточные реле РП-23, РП-25, РП-16, РП-17.

Реле времени обеспечивают необходимые выдержки времени защиты. Промежуточные реле переключением своих контактов реализуют совокупность логических операций, основными из которых являются операции «И», «ИЛИ», «НЕ» и производная «И-НЕ».

Промежуточные реле серий РП-250 совмещают в себе элемент выдержки времени и промежуточные реле. Реле этой серии относятся к типу промежуточных реле, замедленных при включении или при отключении питания.

В исполнительной части защиты используются реле с мощными контактами для коммутации электромагнитов отключения РП-341 или цепей их управления РП-321.

В указательной части (сигнальный орган) используются указательные реле, предназначенные для фиксации срабатывания устройств релейной защиты и автоматики. При срабатывании на фасаде этих реле появляется хорошо видимый флажок, а также замыкаются контакты, с помощью которых сигнал о срабатывании реле передается в общую схему сигнализации. Длительное время использовались сигнальные реле ЭС-21 и РУ-21.

В настоящее время выпускаются сигнальные реле РУЭ-11 и специальные устройства типа ЭС-41.

В некоторых случаях для выполнения логической части защит, а также функций исполнительного и сигнального органа могут использоваться контакты измерительных реле (например, РТ-85).

В настоящее время для осуществления всех функциональных частей и органов релейной защиты широко используется полупроводниковая эле-

ментная база. Ее особенностью является отсутствие подвижных элементов и контактов.

Промышленность выпускает аналоги электромеханических реле, например аналогами реле РТ-40 являются статические реле РСТ 11 и РСТ 13, промежуточного реле РП-250 - электронное реле РП-18, а также многочисленные электронные аналоги электромеханических реле времени – РВ-01, РВ-03, РСВ-13.

С 1994 г. Предприятие «АББ Реле-Чебоксары (Автоматизация)» производит современные микропроцессорные средства и системы релейной защиты и автоматики. Особое место среди них занимают комплектные устройства серии SPAC-800, которые предназначены для защиты и автоматики кабельных и воздушных линий, трансформаторов малой и средней мощности, синхронных и асинхронных двигателей различной мощности, реакторов и других присоединений напряжением 6 (10) кВ. Это оборудование получило множество положительных отзывов проектировщиков и эксплуатационников.

4. Источники питания. Постоянный и переменный оперативный ток

Оперативным называется ток, обеспечивающий работу логической (в ряде случаев и измерительной) части релейной защиты, ее исполнительного и сигнального органов, а также электромагнитов управления коммутационных аппаратов.

Источники оперативного тока должны всегда, в любых аварийных режимах обеспечивать такие значения напряжения и мощности, которые гарантируют надежное действие защиты и электромагнитов управления коммутационных аппаратов.

В системах электроснабжения (на подстанциях распределительных сетей и в самих сетях) могут применяться следующие виды оперативного тока и их источники.

Постоянный ток – аккумуляторная батарея. Однако это весьма дорогостоящее устройство, требующее отапливаемого помещения с вентиляцией и наличия обслуживающего персонала. Используется на крупных подстанциях и электрических станциях. Стандартные напряжения 220, 110, 48, 24 В.

Переменный ток – источником служат измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд. Трансформаторы напряжения и собственных нужд могут не обеспечить надежного питания оперативных цепей в режимах близких коротких замыканий. В качестве источников оперативного тока в режимах коротких замыканий широко используются трансформаторы тока, ко вторичной обмотке которых подключаются токовые реле защиты и электромагниты управления коммутационных аппаратов. Примером такой схемы является схема защиты на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения (см рис. 10).

Требуемая чувствительность этой схемы, как правило, обеспечивается для защит сетей 10 и 35 кВ, но не всегда обеспечивается для защит трансформаторов малой мощности напряжением 110 кВ.

Выпрямленный ток – источником служат блоки питания (токовые БПТ и напряжения БПН) и другие выпрямительные устройства. Выпрямительные блоки питания БП используют при установке сложных многоступенчатых (дистанционных) на линиях 35-110 кВ и при установке выключателей 6 кВ и выше с электромагнитными (соленоидными) приводами.

По принципу действия БП являются выпрямительными, т.е. преобразуют переменный ток в постоянный и должны поддерживать на своих выводах выпрямленное напряжение, которое обеспечивает работу всех устройств релейной защиты и электромагнитов управления, выполненных для работы на постоянном оперативном токе. Промышленность выпускает токовые блоки типа БПТ-1002 и напряжения типа БПН-1002. Кроме того,

выпускаются трехфазные стабилизированные блоки напряжения типа БПНС-1, которые обеспечивают мощность (1500 Вт) с требуемым напряжением выпрямленного тока при любых несимметричных к.з.

Предварительно заряженные конденсаторы и зарядные устройства

Предварительно заряженные конденсаторы являются накопителем электрической энергии и обеспечивают питание устройств защиты и электромагнитов управления коммутационных аппаратов. Они являются полностью автономными источниками оперативного тока даже при полном исчезновении напряжения и отсутствии тока к.з. на защищаемом объекте.

Энергия предварительно заряженных конденсаторов используется для срабатывания промежуточных реле, включения короткозамыкателей 35 и 110 кВ, отключения автоматических отделителей 35-110 кВ и выключателей 6-35 кВ, имеющих пружинные и грузовые приводы. При этом на каждую логическую операцию требуется самостоятельный блок конденсаторов. Промышленность выпускает блоки конденсаторов БК-400, которые заряжают от блоков БПЗ-400.

5. Основные типы защит систем электроснабжения

1. Защиты напряжения

Для защиты напряжения входной воздействующей величиной является напряжение цепи в месте включения защиты. Измерительные реле защиты - это реле напряжения, приходящие в действие при отклонении напряжения от заданного значения.

Минимальная защита напряжения срабатывает при уменьшении напряжения. Измерительным реле этой защиты является реле минимального напряжения. Защита, предназначенная для действия при превышении величиной напряжения заданного значения, называется максимальной защитой напряжения. Измерительным органом этой защиты является реле максимального напряжения.

2. Токовые защиты

Для токовых защит входной воздействующей величиной является величина тока, проходящего в месте их включения. Измерительным органом этих защит являются реле тока. Они приходят в действие при отклонении тока в защищаемом элементе от заданного значения. Как и защиты по напряжению, их можно подразделить на максимальные токовые защиты и на защиты по минимальному току.

Токовые направленные защиты

Токовая направленная защита действует в зависимости от величины тока и его фазы по отношению к напряжению на шинах подстанции, где защита установлена.

Защита срабатывает, если величина тока превысит заданное значение, а его фаза будет соответствовать к.з. на защищаемом элементе. Измерительным органом направленной защиты, обеспечивающими такое ее действие, наряду с реле тока является реле мощности. Реле мощности включается в схему защиты и реагирует на направление мощности короткого замыкания.

Дистанционные защиты

При коротких замыканиях увеличивается ток I в защищаемом элементе и уменьшается напряжение U в месте установки защиты. Защита, реагирующая на изменение величины отношения $\frac{U}{I}$, называется дистанционной. Измерительным органом этой защиты является реле сопротивления. Защита выполняется таким образом, что ее выдержка времени находится в зависимости от расстояния между местом установки защиты и точкой короткого замыкания. С увеличением этого расстояния (пропорционального отношению $\frac{U}{I}$) растет и выдержка времени.

Дифференциальные защиты

Дифференциальная защита основана на принципе сравнения токов по концам защищаемого участка (продольная дифференциальная защита) или в соответствующих ветвях параллельно соединенных элементов электроустановки (поперечная дифференциальная защита). Дифференциальный принцип позволяет выполнить эту защиту быстродействующей. Измерительным органом этой защиты могут быть измерительные реле тока или специальные дифференциальные реле.

Высокочастотные защиты

Высокочастотная защита используется в качестве быстродействующей защиты магистральных линий электропередач. Как и дифференциальная защита, она основана на принципе сравнения между собой однородных электрических величин по концам защищаемой линии. Связь между сравниваемыми величинами осуществляется обычно с помощью токов высокой частоты. В качестве линий связи используется сама защищаемая линия.

6. Максимальные токовые защиты

Возникновение ненормальных режимов и повреждений (в том числе к.з.) в электроустановках сопровождается, как правило, появлением сверхтоков, протекающих через электроустановки или их элементы. Этот признак используется в максимальных токовых защитах, которые реагируют на величину тока в защищаемом элементе и приходят в действие, если ток превысит некоторое заранее установленное значение.

Токовые защиты подразделяются на максимальные токовые защиты (МТЗ) и максимальные токовые отсечки МТО (или токовые отсечки ТО).

Способность максимальных токовых защит реагировать на появление сверхтоков в электроустановках при возникновении коротких замыканий привело к широкому применению этих защит на линиях электропередач, трансформаторах, генераторах и двигателях.

Главное различие между этими защитами заключается в способе обеспечения селективности. Селективность МТЗ обеспечивается соответствующим выбором тока срабатывания этих защит (по току) и времени срабатывания (по времени).

МТО являются быстродействующими защитами и работают, как правило, без выдержки времени. Селективность их действия обеспечивается соответствующим выбором тока срабатывания (по току).

Принцип действия максимальной токовой защиты МТЗ

Максимальные токовые защиты МТЗ являются основными в радиальных сетях с односторонним питанием и устанавливаются в начале каждого участка сети со стороны источника питания (см. рис. 4).

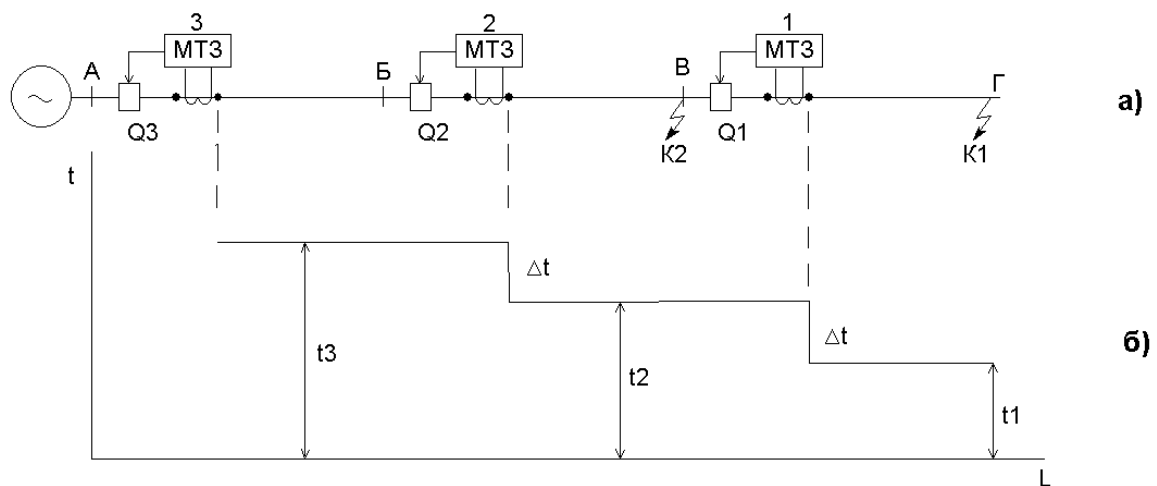


Рис.4. Максимальные токовые защиты в сети с односторонним питанием

а) размещение защит;

б) выдержки времени защит, выбранные по ступенчатому признаку

При таком расположении защит каждый участок сети имеет самостоятельную защиту, отключающую этот участок в случае повреждения. Устройство МТЗ имеет измерительный (пусковой) орган и элемент выдержки времени. В нормальном режиме работы защиты не приходят в действие от токов нагрузки, т.к. защита отстраивается от максимального рабочего тока защищаемого элемента, то есть её ток срабатывания устанавли-

вается больше, чем максимальный ток нагрузки элемента электрической сети.

При коротком замыкании в какой-либо точке сети (например К1) сверхток повреждения проходит по всем элементам сети, расположенным между точкой повреждения К1 и источником питания. Этот ток значительно превышает ток нагрузки, измерительные органы защит запускаются, в результате чего приходят в действие все защиты 1, 2, 3. Однако по условию селективности срабатывает только защита 1, установленная на поврежденном элементе, и отключает выключатель Q1. Выдержки времени защит нарастают от потребителя к источнику питания и защиты 2 и 3 вернутся в исходное состояние, не успев подействовать на отключение. Соответственно, при к.з. в точке К2 быстрее всех сработает защита 2, отключив выключатель Q2 через время t_2 , а защита 3, имеющая большее время t_3 , не подействует. Если по каким-либо причинам поврежденный элемент не отключится (неисправность защиты 1 или выключателя Q1) при к.з. в точке 1, он отключается через время t_2 последующей защитой 2 и выключателем Q2. Можно сказать, что МТЗ являются защитами с относительной селективностью и имеют в общем случае основную и резервную зону действия. Так, например, защита 2 служит основной для участка БВ и резервной для участка ВГ, а защита 3 – основной для участка АБ и резервной для участка БВ. Способность защиты 2 реагировать на удаленное к.з. в точке К1 на предыдущей линии называется дальним резервированием. Если оценивать МТЗ с точки зрения требований, предъявляемым к защитами, то следует признать, что МТЗ проста по исполнению, надежна и удобна в эксплуатации. Защита не является быстродействующей, т.к. работает с выдержкой времени. Селективность защиты обеспечивается только в радиальных сетях с односторонним питанием. В связи с тем, что время выдержки защит накапливается по направлению к источнику питания, ее время срабатывания может оказаться недопустимо большим с точки зрения термической

стойкости элементов защищаемой сети. Чувствительность защиты может оказаться недостаточной в связи с малым значением минимальных токов к.з. в сетях с.-х. назначения. Несмотря на указанные недостатки, МТЗ широко применяют в качестве основной защиты сельских сетей с односторонним питанием.

Принцип действия токовой отсечки Т.О.

Токовая отсечка является разновидностью токовой защиты, позволяющей обеспечить быстрое отключение к.з. Токовые отсечки могут быть мгновенного действия и с небольшой выдержкой времени (0,3-0,6 с).

Селективность токовых отсечек достигается ограничением их зоны действия, а не за счет соответствующих выдержек времени. Для этой цели отсечка, в отличие от МТЗ, отстраивается не от максимального рабочего тока защищаемого элемента, а от максимального сверхтока, протекающего через защиту при повреждении в конце выбранной зоны действия.

Рисунок 5 поясняет такой способ ограничения зоны действия. Из рисунка видно, что величина тока к.з. возрастает по мере перемещения точки короткого замыкания в направлении источника.

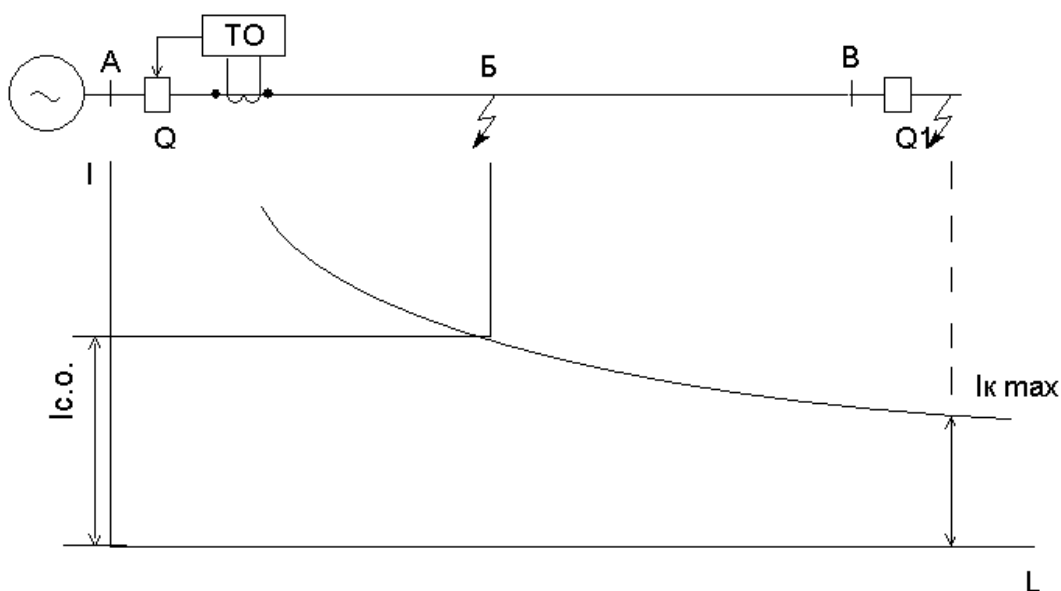


Рис. 5. Определение тока срабатывания отсечки и зона её действия

Т.к. при этом уменьшается суммарное сопротивление системы и участка линии до точки к.з., в пределах участка АВ величина тока к.з. становится больше величины тока срабатывания отсечки $I_{c.o.}$, что и приводит к срабатыванию защиты. Защита не будет срабатывать при коротких замыканиях в пределах участка БВ, т.к. уставка защиты меньше величины тока повреждения на этом участке. Таким образом, токовая отсечка защищает не весь участок линии АВ, а только его часть АВ и характеризуется абсолютной селективностью. Время срабатывания мгновенной (без выдержки времени) токовой отсечки (Т.О.) определяется временем срабатывания пускового органа защиты и исполнительного органа, действующего на выключатель, и составляет около 0,1 с.

Токовая отсечка, являясь защитой с абсолютной селективностью, ликвидирует наиболее тяжелые повреждения, связанные с короткими замыканиями в начале линий электропередач, вблизи шин станций и подстанций, избирательно отключая только поврежденный элемент. Основным недостатком в этом случае состоит в том, что защищается не весь элемент (например, линия), а только часть его. При этом очевидно, что зона действия Т.О. будет зависеть от вида короткого замыкания и режима работы системы. К достоинствам токовой отсечки следует отнести простоту устройства, надежность, экономичность. Как правило, токовую отсечку применяют как дополнительную защиту, отключающую наиболее тяжелые повреждения.

Двухступенчатая максимальная токовая защита

Принцип действия двухступенчатой максимальной токовой защиты состоит в том, что в начале каждого элемента электрической сети устанавливаются два комплекта защит МТЗ и МТО, измерительные органы которых получают информацию о величине тока в защищаемом элементе. При этом МТЗ играет роль основной защиты, а МТО – дополнительной.

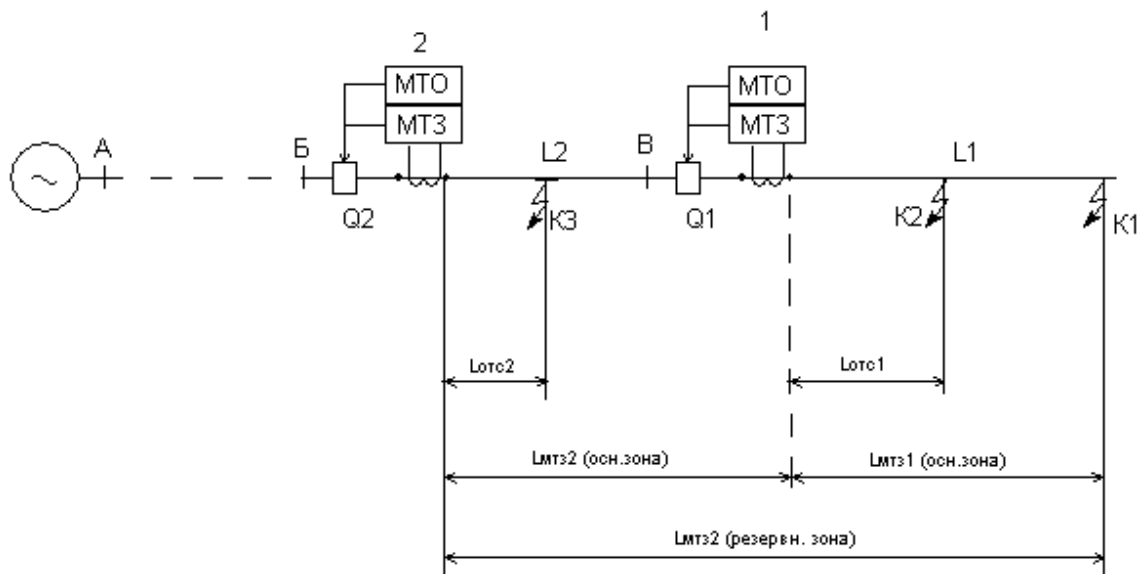


Рис. 6. Зоны действия максимальных токовых защит

При к.з. на линии L1 в ее начале (точка K2) срабатывает без выдержки времени токовая отсечка защиты 1. Зона ее действия ограничена и не выходит за пределы точки K2. На все к.з. за пределами этой зоны на линии L1 токовая отсечка не реагирует. Максимальная токовая защита 1 этой линии запускается при к.з. в любом месте линии, включая ее конец K1, и с выдержкой времени t воздействует на выключатель Q1, отключая линию. При этом запускается максимальная токовая защита (MTЗ) 2. При отказе защиты 1 или выключателя Q1 срабатывает MTЗ 2 с выдержкой времени $t_2 = t_1 + \Delta t$ и выключатель Q2 отключается. Таким образом, обеспечивается резервирование (далее) защиты 1 защитой 2. Токовая отсечка защиты 2 при этом не приходит в действие, так как ее зона действия ограничена точкой K3.

Двухступенчатая максимальная токовая защита объединяет положительные качества отдельных MTЗ и МТО и наилучшим образом обеспечивает выполнение основных требований, предъявляемых к релейной защите.

6. Схемы максимальных токовых защит на переменном оперативном токе

6.1. Двухступенчатая токовая защита на вторичных реле прямого действия

В электрических сетях 6,10 кВ около половины всех максимальных токовых защит выполнены с помощью вторичных реле прямого действия. Вторичные реле прямого действия представляют собой электромагнит, встраиваются в привод выключателя и непосредственно воздействуют на него. Промышленность выпускала реле двух типов – мгновенного действия РТМ и с регулируемой выдержкой времени РТВ. Реле РТВ снабжено часовым механизмом и имеет ограниченно зависимую временную характеристику. Электромагниты РТМ и РТВ совмещают функции измерительного реле КА и электромагнита отключения выключателей УАТ. Современные пружинные приводы масляных выключателей напряжением 6...10 кВ предусматривают возможность установки трех реле РТВ и двух реле РТМ. При выполнении защиты со вторичными реле прямого действия не требуется отдельного источника. Реле РТВ и РТМ получают питание непосредственно от вторичных обмоток трансформаторов тока. Защита выполняется двухфазной со схемой соединения трансформаторов тока и реле неполная звезда. Для выполнения отсечки используется два реле РТМ. Количество реле РТВ - два или три, в зависимости от расчетной чувствительности МТЗ. Для повышения надежности отсечки реле РТМ иногда подключаются к измерительной обмотке трансформаторов тока.

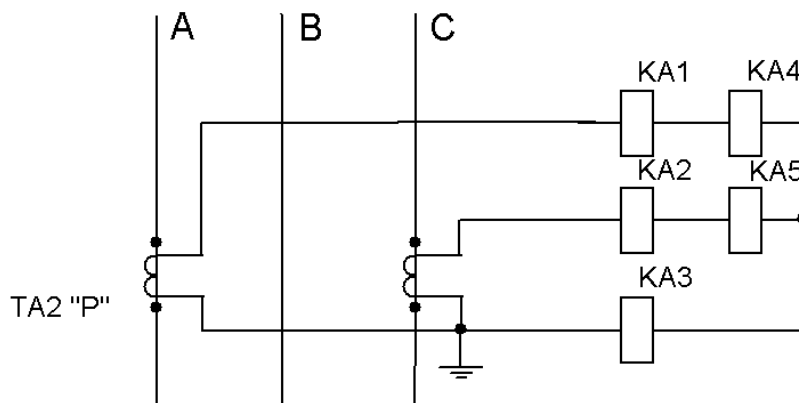


Рис. 7. Принципиальная схема двухступенчатой токовой защиты на реле прямого действия типа РТВ (КА1 - КА3) и РТМ (КА4, КА5) при совместном включении этих реле

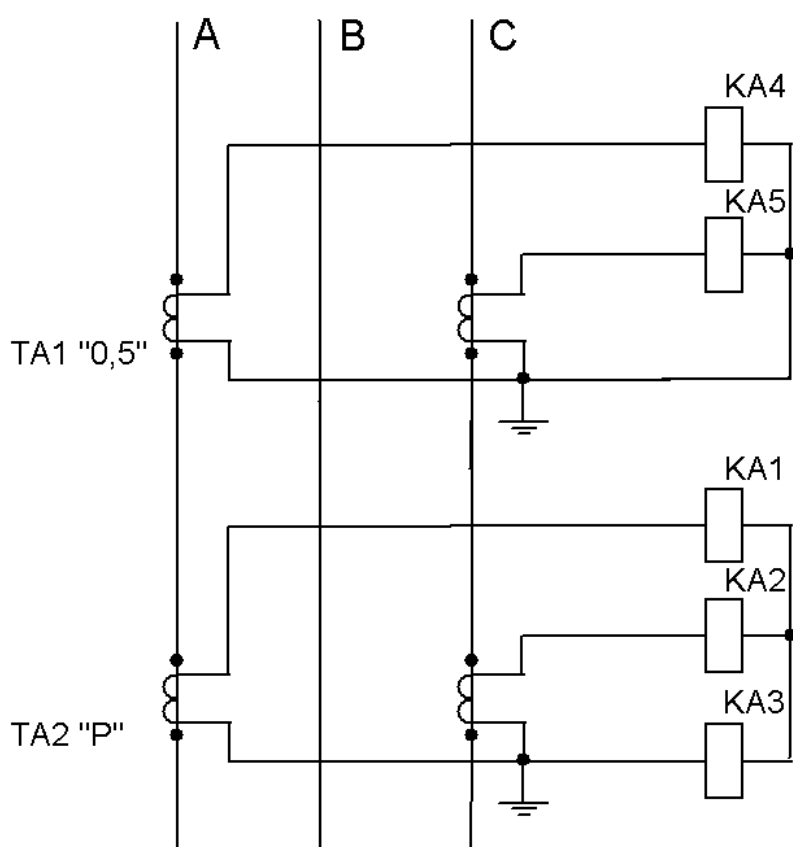


Рис. 8. Принципиальная схема двухступенчатой токовой защиты на реле прямого действия типа РТВ (КА1 - КА3) и РТМ (КА4, КА5) при раздельном включении этих реле

Если позволяет чувствительность, то минимальное количество реле для двухступенчатой защиты равно двум. По одному для МТЗ и МТО. При этом каждое из них включается на разность токов двух фаз. Эта схема час-

то используется для защиты двигателей напряжением выше 1 кВ мощностью не более 2 МВт.

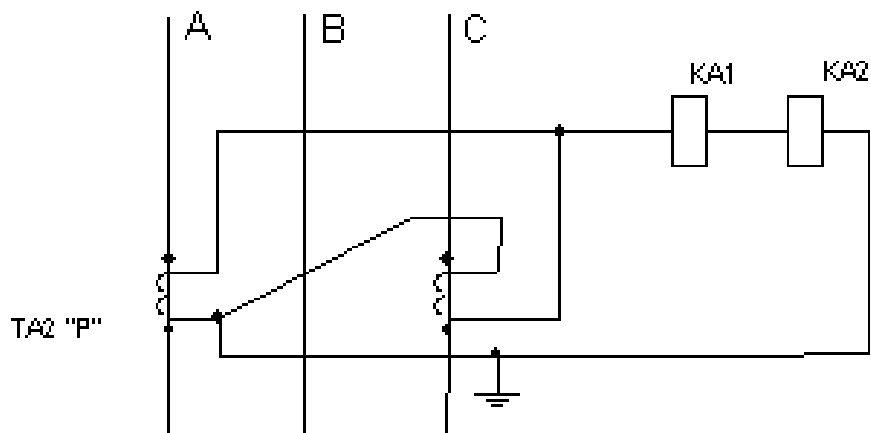


Рис. 9. Принципиальная схема двухступенчатой токовой защиты на реле прямого действия типа РТВ (KA_1) и РТМ (KA_2) при минимальном количестве реле

6.2. Максимальная токовая защита с зависимой характеристикой на вторичных реле косвенного действия

Рассмотренная ранее защита на реле прямого действия РТМ и РТВ весьма проста, однако не всегда обеспечивает требуемую чувствительность. Более чувствительной защитой является защита на реле косвенного действия РТ-85. Реле РТ-85 имеет усиленные контакты для дешунтирования электромагнита отключения выключателя и позволяет выполнить максимальную токовую защиту с зависимой времятоковой характеристикой и мгновенно действующую токовую отсечку. Схема МТЗ на реле РТ-85 с дешунтированием электромагнитов отключения выключателя нашла широкое применение в электрических сетях с.-х. назначения и используется в основном для защиты линий 6-10 кВ и шин низшего напряжения п/ст 100/35/10 кВ.

МТЗ, а электромагнитный элемент реле РТ-85 выполняет функции токовой отсечки мгновенного действия МТО.

На рис. 11 показана времятоковая характеристика двухступенчатой защиты на реле РТ-85.

Индукционный элемент срабатывает при токе в реле, равном $I_{сз}$, но время действия защиты МТЗ в этом случае велико (несколько секунд). Чем ближе место короткого замыкания к источнику, тем больше ток короткого замыкания, и тем меньше время срабатывания МТЗ. Отсечка (МТО) срабатывает при коротком замыкании в зоне ее действия. Когда ток короткого замыкания I_k превышает ток срабатывания отсечки $I_{со}$, действует электромагнитный элемент. Защита МТО срабатывает без выдержки времени и отключает выключатель за время, равное $\approx 0,1$ с.

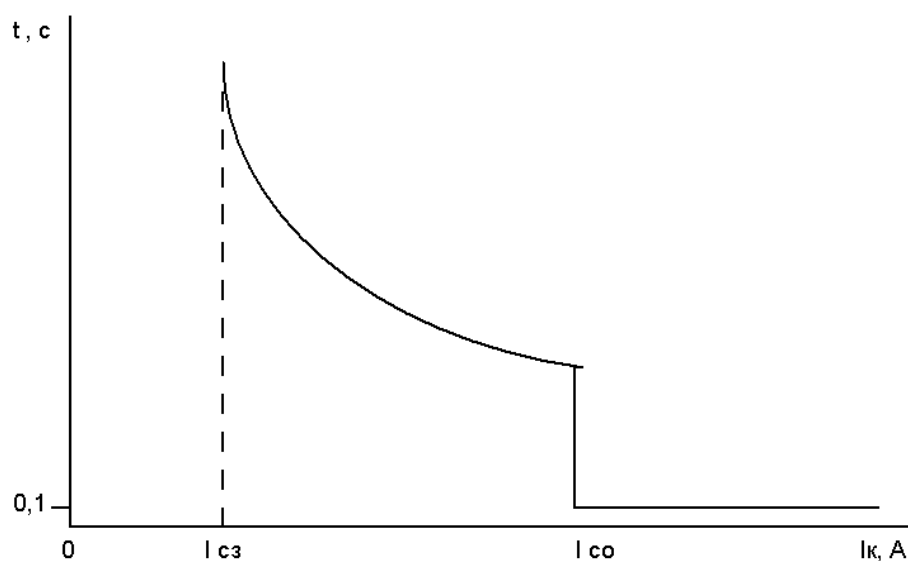


Рис. 11. Времятоковая характеристика двухступенчатой максимальной токовой защиты на реле РТ-85

6.3. Двухступенчатая максимальная токовая защита с независимой характеристикой на переменном оперативном токе.

Используют комплектные устройства защиты (КЗ), представляющие собой набор самостоятельных электромеханических реле, смонтированных

в одном корпусе. Установленный в лабораторной работе комплект типа КЗ-36 У4 дает возможность выполнить максимальную токовую защиту МТЗ в двухфазном, двухрелейном исполнении (рис. 12).

В комплект защиты КЗ-36 У4 входят:

- два реле максимального тока типа РТ-40 (КА1, КА2);
- реле времени РВМ-12 (включающие собственно реле времени КТ1, два насыщающихся трансформатора ТЛ3 и ТЛ4, резисторы R1 и R2, емкости С1 и С2);
- два промежуточных реле РП-341 (KL1 и KL2), состоящих из собственно реле KL, насыщающихся трансформаторов тока ТЛ1 и ТЛ2, емкостей С3 и С4, выпрямительных мостиков VD1 и VD2;
- указательное реле РУ-21 (КН).

Клеммы 22 и 24 могут быть использованы для подключения контактов дополнительных реле тока, а клеммы 24 и 26, при снятой перемычке, - для подключения контакта пусковых реле минимального напряжения. Для пуска промежуточного реле от контактов других защит могут быть использованы клеммы 18 и 20.

Двухступенчатая максимальная токовая защита с независимой характеристикой с дешунтированием электромагнитов отключения может быть реализована с помощью комплекта КЗ-37, содержащего пять реле тока РТ-40, реле времени РВМ-12, два промежуточных реле РП-341, имеющих специальные усиленные контакты для дешунтирования электромагнитов отключения, и два сигнальных (указательных) реле.

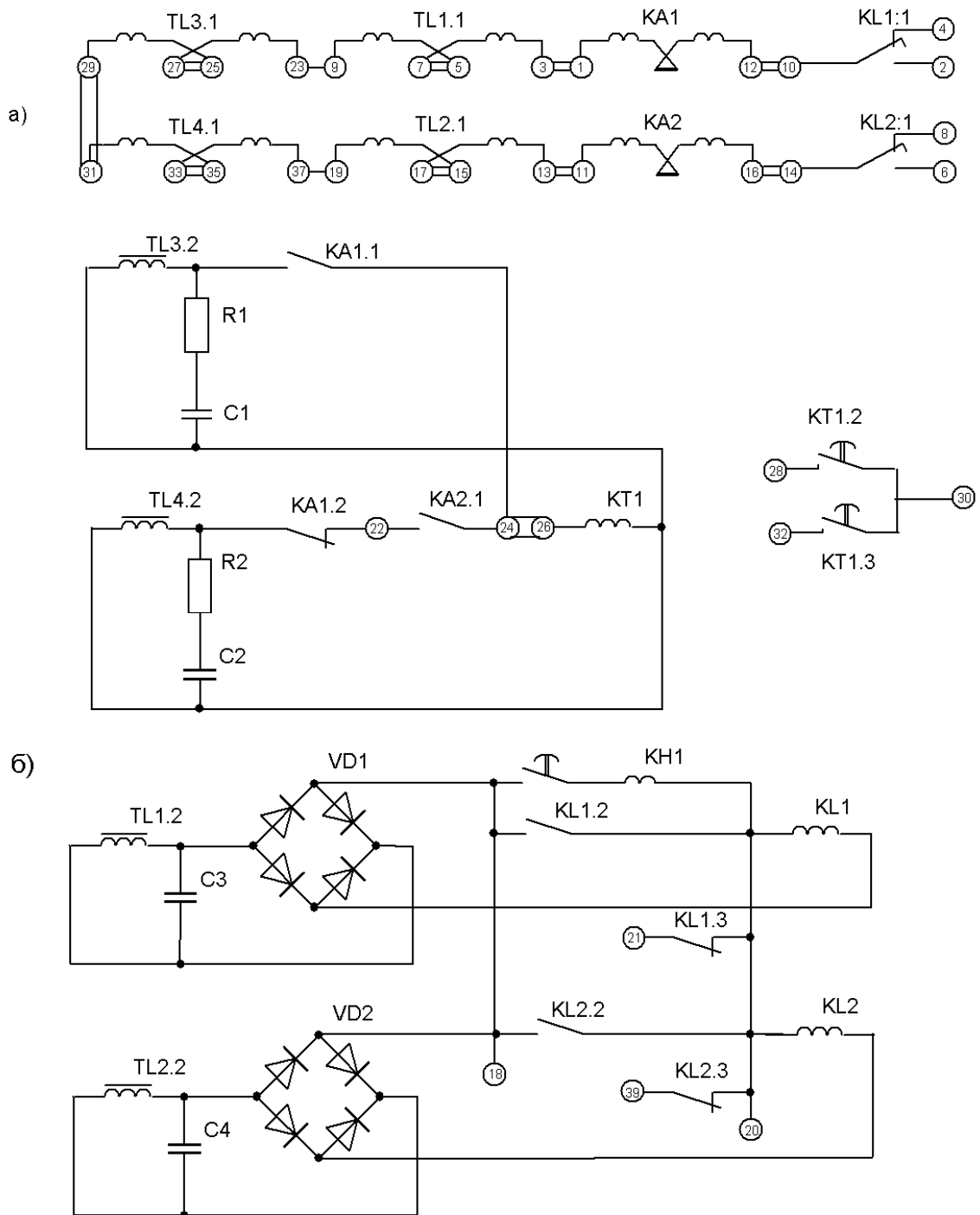


Рис. 12. Принципиальная схема комплекта защиты КЗ-36 У4:

а) принципиальная схема цепей переменного тока;

б) принципиальная схема цепей оперативного переменного тока

Следует отметить, что все электромеханические реле могут быть заменены статическими (РСТ-13, РСВ-13, РП-361).

МТЗ выполнена по двухфазной трехрелейной, а МТО - по двухфазной двухрелейной схеме неполной звезды на переменном оперативном токе и может использоваться для защиты линий и трансформаторов в сетях напряжением 6-35 кВ.

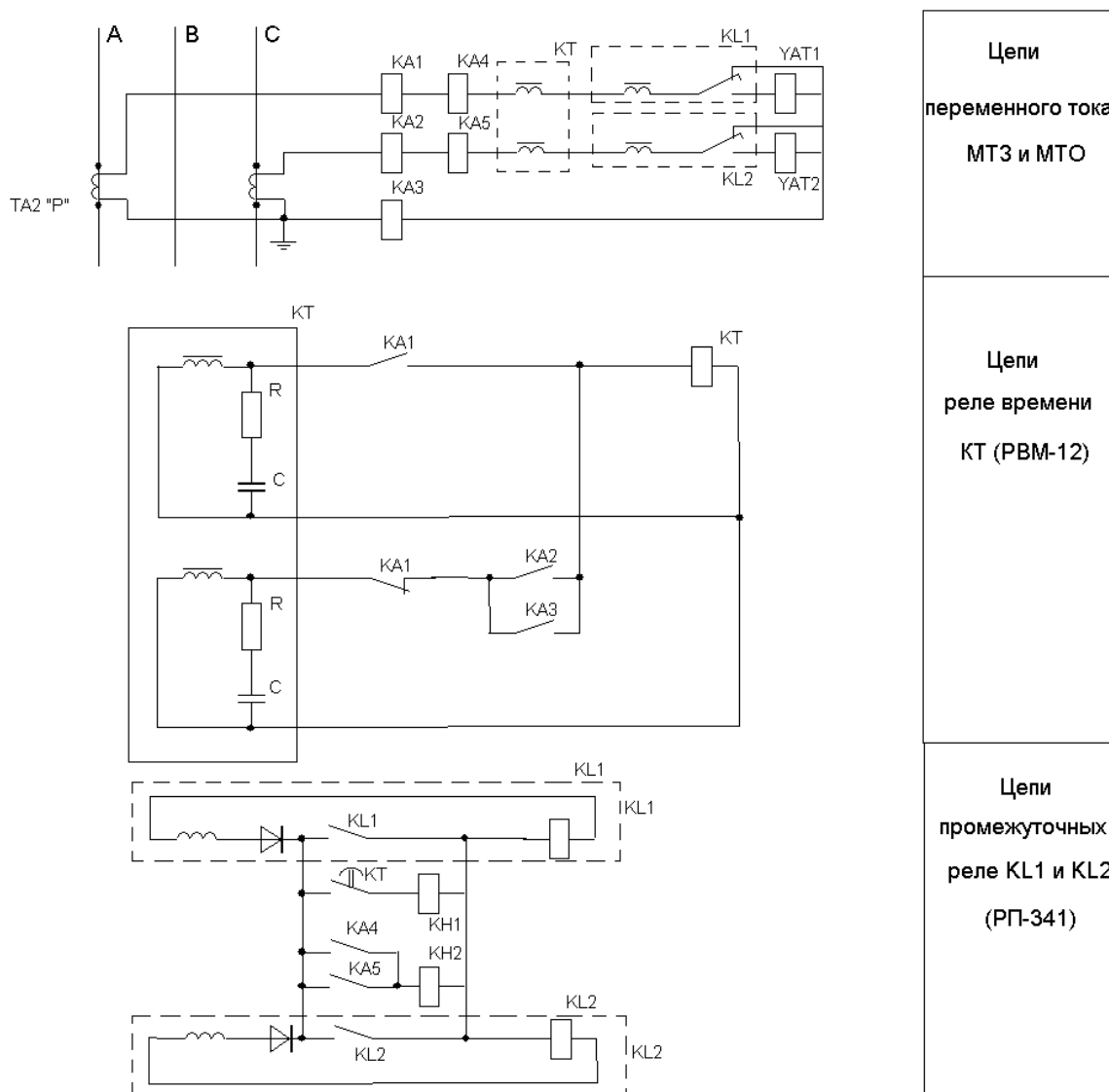


Рис. 13. Принципиальная схема двухступенчатой максимальной токовой защиты на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения YAT с помощью реле типа РП-341 (KL1 и KL2)

При удаленном коротком замыкании (например трехфазном) на защищаемой линии (в зоне действия МТЗ), срабатывают все три измерительных органа защиты (МТЗ), выполненные на реле максимального тока РТ-40 (KA1; KA2; KA3). При этом замыкающий контакт реле РТ-40, вклю-

ченного в фазу А, (КА1) замыкается и подключает моторчик реле времени КТ (РВН-12) ко вторичной обмотке промежуточного (насыщающегося) трансформатора тока фазы А. Одновременно размыкается контакт тока КА1, чтобы не допустить питания моторчика реле времени одновременно от двух промежуточных трансформаторов тока этого реле времени КТ, хотя замыкающие контакты двух других измерительных реле тока КА2 и КА3 замкнулись. Реле времени, с заданной выдержкой, подключает своим замыкающим контактом катушки промежуточных реле КЛ1 и КЛ2 к вторичным обмоткам промежуточных трансформаторов тока, встроенных в эти реле. Первичные обмотки промежуточных трансформаторов тока соответственно подключены на вторичные токи фаз А и С. При рассматриваемом виде к.з. срабатывают оба промежуточных реле. При других видах к.з. может сработать одно промежуточное реле КЛ1 или КЛ2.

Усиленные контакты безразрывного переключения реле КЛ обеспечивают подключение электромагнитов отключения УАТ, включаются во вторичную цепь трансформаторов тока ТА, сначала шунтируя, а потом дешунтируя их. Одновременно замыкаются контакты нормального исполнения промежуточных реле КЛ, обеспечивая самоудерживание их в сработавшем положении, если контакт реле времени КТ разомкнется раньше, чем произойдет отключение выключателя поврежденной линии. Одновременно со срабатыванием промежуточных реле КЛ срабатывает указательное (сигнальное) реле КН1.

При близком коротком замыкании (в зоне действия МТО) сработают измерительные реле максимального тока КА4 и КА5 токовой отсечки. Их контакты, включенные параллельно контакту реле времени, замыкаются. Происходит срабатывание промежуточных реле КЛ. Шунтируются, а затем дешунтируются электромагниты УАТ отключения выключателя. Выключатель отключает поврежденную линию без выдержки времени. Самоудерживание промежуточных реле КЛ обеспечивает надежное размыка-

ние контактов реле тока КА4, КА5, что возможно из-за уменьшения тока во вторичных цепях трансформаторов тока ТА после дешунтирования электромагнитов отключения УАТ.

На рис. 14. показана времятоковая характеристика двухступенчатой максимальной токовой защиты с независимой характеристикой.

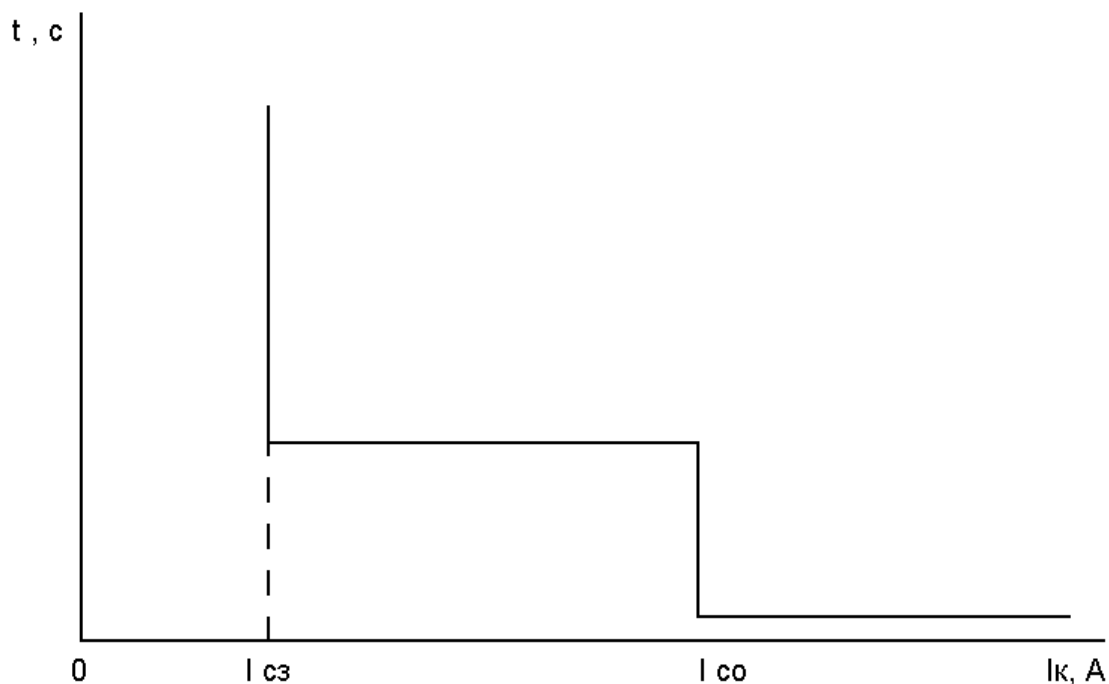


Рис. 14. Времятоковая характеристика двухступенчатой максимальной токовой защиты с независимой характеристикой

При удаленных коротких замыканиях работает МТЗ, начиная с тока короткого замыкания, равного току срабатывания защиты $I_{сз}$, до тока короткого замыкания, равного по величине току срабатывания отсечки $I_{со}$. На всем протяжении зоны действия МТЗ (от $I_{сз}$ до $I_{со}$) время ее действия постоянно и не зависит от тока к.з. При близких коротких замыканиях начинает работать отсечка (МТО), когда величина тока короткого замыкания превысит значение тока срабатывания отсечки $I_{со}$. Во всей зоне действия отсечки ($I_{к} \geq I_{с.о.}$) защита срабатывает без выдержки времени и отключает выключатель за время, примерно равное 0,1 с.

При реализации защиты с помощью предохранителей получим зависимую времятоковую характеристику МТЗ. Со стороны больших токов она ограничена максимальным током короткого замыкания в месте установки предохранителя (рис. 15). Зона действия такой защиты будет находиться в пределах от минимального значения тока к.з. защищаемого элемента ($I_{к \min}$) до максимального значения тока к.з. в месте установки плавной вставки ($I_{к \max}$). Во всей зоне действия этой защиты время ее срабатывания зависит от величины тока к.з.

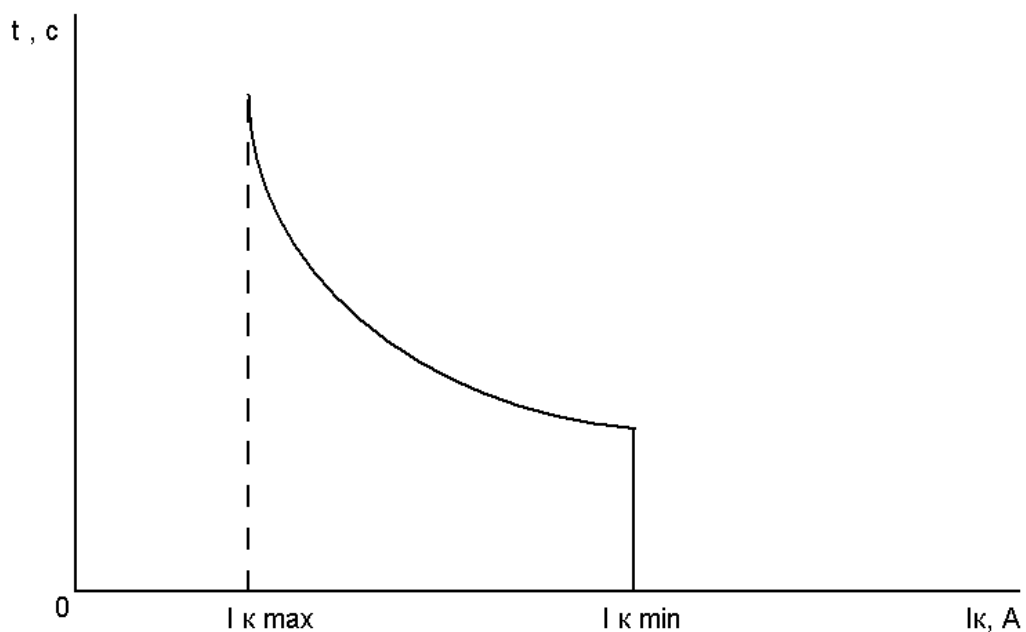
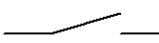
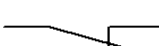
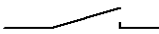
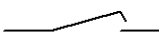


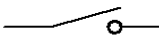
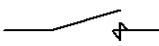
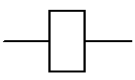
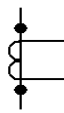
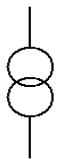
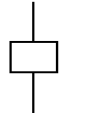
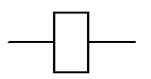
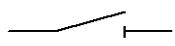
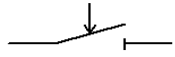
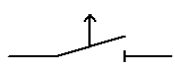


Рис. 15. Времятоковая характеристика МТЗ, выполненная с помощью предохранителя

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Обозначение элементов схем релейной защиты, реле и контактов

	- замыкающий контакт
	- размыкающий контакт
	- импульсный (проскальзывающий) контакт
	- контакт, срабатывающий раньше по отношению к другим контактными группам.
	- замыкающий контакт с замедлением при срабатывании
	- замыкающий контакт с замедлением при возврате
	- контакт без самовозврата.
	- контакт с гашением дуги.
	- обмотка реле (KA – тока; KU – напряжения; КТ – времени; КН – указательного; KL – промежуточного; KW – мощности; KSG – газового)
	- трансформатор тока ТА
	- трансформатор напряжения
	- выключатель Q
	- электромагнит отключения YAT и включения YAC
	- разъединитель
	- короткозамыкатель
	- отделитель

Термины и определения

1. **Аварийный режим работы электроагрегата (электростанции)** – состояние, при котором электроагрегат (электростанция) не способен (не способна) вырабатывать электрическую энергию с установленными в нормативно-технической документации мощностью и (или) показателями качества.
2. **Аварийный режим трансформатора** – режим работы, при котором напряжение или ток обмотки, или части обмотки таковы, что при достаточной продолжительности это угрожает повреждением или разрушением трансформатора.
3. **Аварийный режим электроустановки** – работа неисправной электроустановки, при которой могут возникнуть опасные ситуации, приводящие к электротравмированию людей, взаимодействующих с электроустановкой.
4. **Автотрансформатор** – трансформатор, две или более обмотки которого гальванически связаны так, что они имеют общую часть.
5. **Аккумулятор** – гальванический элемент, предназначенный для многократного разряда за счет восстановления емкости путем заряда электрическим током.
6. **Аккумуляторная батарея** – электрически соединенные между собой аккумуляторы, оснащенные выводами и заключенные, как правило, в одном корпусе.
7. **Время срабатывания электрического реле** – время от момента, когда входная воздействующая или характеристическая величина электрического реле, находящаяся в начальном или исходном состоянии, принимает в заданных условиях определенное значение до момента, когда реле завершает срабатывание.

8. **Встроенный трансформатор** – трансформатор, который вмонтирован в электрический бытовой прибор или в оборудование определенного назначения.
9. **Вторичная обмотка (трансформатора тока)** – обмотка, которая питает токовые цепи измерительных приборов, счетчиков, устройств защиты и (или) управления.
10. **Вторичная цепь** – внешняя цепь, получающая сигналы от вторичной обмотки измерительного трансформатора.
11. **Вторичный ток (трансформатора тока)** – ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока при прохождении тока по первичной обмотке.
12. **Входная цепь электрического реле** – совокупность электрических проводящих частей электрического реле, присоединенных к выводам, к которым приложена воздействующая величина.
13. **Выключатель** – контактный коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение нормированного времени и отключать токи при нормированных ненормальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.
14. **Выпрямитель** – преобразователь электрической энергии, который преобразует систему переменных токов в ток одного направления.
15. **Генератор** – машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.
16. **Генератор переменного тока** – генератор, вырабатывающий переменный ток и напряжение.
17. **Глухозаземленной нейтралью** называется нейтраль трансформатора или генератора присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

18. **Замыканием на землю** называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей.
19. **Земля** – проводящая масса земли, потенциал которой принимается равным нулю.
20. **Измерительный трансформатор** – трансформатор, предназначенный для передачи информационного сигнала измерительным приборам, счетчикам, устройствам защиты и (или) управления.
21. **Измерительное электрическое реле** – электрическое реле, предназначенное для срабатывания с определенной точностью при заданном значении или значениях характеристической величины.
22. **Изолированной нейтралью** называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большие сопротивления.
23. **Индукционное реле** – электромеханическое реле, работа которого основана на взаимодействии переменных магнитных полей неподвижных обмоток с токами, индуцированными этими полями в подвижном элементе.
24. **Источник электрической энергии** – электротехническое изделие (устройство), преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию.
25. **Источник тока** – источник электромагнитной энергии, характеризующийся током в нем и внутренней проводимостью.
26. **Источник электрической энергии (источник)** – электротехническое изделие (устройство), преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию.

27. **Коммутационный аппарат** – аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или нескольких электрических цепях.
28. **Масляный выключатель** – выключатель, контакты которого замыкаются и размыкаются в масле.
29. **Максимальное электрическое реле** – измерительное электрическое реле, срабатывающее при значениях характеристической величины, превышающих заданное значение.
30. **Минимальное электрическое реле** – измерительное электрическое реле, срабатывающее при значениях характеристической величины, не достигающих заданного значения.
31. **Нагрузка** – а) устройство, потребляющее мощность;
б) мощность, потребляемая устройством.
32. **Ненормальный режим работы электротехнического изделия (электротехнического устройства, электрооборудования)** - режим работы электротехнического изделия (электротехнического устройства, электрооборудования), при котором значения хотя бы одного из параметров режима выходят за пределы наибольшего или наименьшего рабочего значения.
33. **Нейтраль** – общая точка соединенных в звезду обмоток (элементов) электрооборудования.
34. **Номинальная величина** – значение величины, применяемое для обозначения или идентификации компонента устройства или материала.
35. **Номинальный режим** – совокупность расчетных величин и условий работы.
36. **Нормальный режим работы электротехнического изделия** (электротехнического устройства, электрооборудования).
37. **Рабочий режим** – режим работы электротехнического изделия (электротехнического устройства, электрооборудования), характеризующийся рабочими значениями всех параметров.

38. **Линия электропередач** – электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии.

39. **Первичная обмотка трансформатора тока** – обмотка, через которую протекает ток, подлежащий трансформации.

40. **Перегрузка** – превышение реальной нагрузки над номинальной.

41. **Переменный электрический ток** – электрический ток, изменяющийся с течением времени.

42. **Предохранитель** – устройство, которое путем разрушения одного или нескольких специально предназначенных элементов размыкает цепь, в которую оно включено, отключая ток, когда он превышает заданное значение в течение достаточного времени; предохранитель содержит все детали, которые образуют комплектное устройство.

43. **Приемник электрической энергии** – аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

44. **Радиальная линия электропередачи** – линия электропередачи, в которую электрическая энергия поступает только с одной стороны.

45. **Радиальная электрическая сеть** – электрическая сеть, состоящая из радиальных линий, передающих электрическую энергию от одного источника питания.

46. **Разъединитель** – выключатель, который имеет в отключенном состоянии изоляционный промежуток, удовлетворяющий определенным условиям.

Примечание. Разъединитель способен включать и отключать цепь при малом токе (токи измерительных цепей, токи утечки) или малом изменении напряжения на зажимах каждого из полюсов, он также способен проводить токи при нормальных условиях в цепи и в течение определенной продолжительности в ненормальных условиях, таких как короткое замыкание.

47. **Расчетная величина** – значение величины, установленное конструктором для того, чтобы определить нормальный режим работы компонента, устройства или оборудования аппаратуры.
48. **Сверхток** – ток, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока электроустановки.
49. **Сеть оперативного тока** – электрическая сеть переменного или постоянного тока, предназначенная для передачи и распределения электрической энергии, используемой в цепях управления, автоматики, защиты и сигнализации электростанции (подстанции).
50. **Силовая электрическая цепь** - электрическая цепь, содержащая элементы, функциональное назначение которых состоит в производстве или передаче основной части электрической энергии, ее распределении, преобразовании в другой вид энергии или в электрическую энергию с другими значениями параметров.
51. **Система сборных шин** – комплект элементов, связывающих присоединения электрического распределительного устройства.
52. **Собственные нужды электростанции (подстанции) (СН)** - совокупность вспомогательных устройств и относящейся к ним электрической части, обеспечивающая работу электростанции (подстанции).
53. **Термическое действие тока короткого замыкания в электроустановке** – изменение температуры элементов электроустановки под действием тока короткого замыкания.
54. **Трансформаторная подстанция** – электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформаторов.
55. **Трансформатор тока** – измерительный трансформатор, в котором при нормальных условиях применения вторичный ток практически пропорционален первичному току и при правильном включении сдвинут относительно него по фазе на угол, близкий к нулю.

56. **Трансформатор** – статическое электромагнитное устройство, имеющее две (или более) индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.
57. **Ток перегрузки** – сверхток в электрической цепи электроустановки при отсутствии электрических повреждений.
58. **Ток короткого замыкания** – сверхток, обусловленный повреждением с пренебрежительно малым полным сопротивлением между точками, находящимися под разными потенциалами в нормальных рабочих условиях.
59. **Ток повреждения** – ток, появившийся в результате повреждения или перекрытия изоляции.
60. **Ток замыкания на землю** – ток, проходящий в землю через место замыкания.
61. **Фаза** – проводник, пучок проводников, ввод, обмотка или иной элемент многофазной системы переменного тока, являющийся токоведущим при нормальном режиме работы.
62. **Характеристическая величина измерительного электрического реле** – электрическая величина, нормируемая в отношении точности и определяющая функциональный признак электрического реле.
63. **Электрификация** – введение электрической энергии в народном хозяйстве и быту.
64. **Электрическая подстанция** – электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии.
65. **Электромеханическое реле** – электрическое реле, работа которого основана на использовании относительного перемещения его механических элементов под воздействием электрического тока, протекающего по входным цепям.

66. **Электрическое реле** – аппарат, предназначенный производить скачкообразные изменения в выходных цепях при заданных значениях воздействующих величин.

67. **Электроустановками** называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

68. **Электрическая сеть** – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающая на определенной территории.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. М.: Энергосервис, 2002.
2. Красин В.В. Термины и определения в электроэнергетике: Справочник. М.: Энергосервис, 2002.
3. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.Н. Электроснабжение сельского хозяйства. М.: Колос, 2000.
4. Будзко И.А., Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства. М.: Агропромиздат, 1990.
5. Шабад Н.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Шабад Н.А. Максимальная токовая защита. Л.: Энергоатомиздат, 1991.
7. Шабад Н.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. Л.: Энергоиздат, 1981.
8. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства / Под редакцией И.А. Будзко. М.: Колос, 1982.
9. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. М.: Высшая школа, 1985.
10. Реле защиты / В.С. Алексеев, Г.П. Варганов, Б.И. Панфилов, Р.З. Розенбом. М.: Энергия, 1976.

Редактор Н.Е. Волкова-Алексеева

Подписано в печать

Усл. печ. л.

Тираж

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$

Заказ №

Издательство и типография ВГСХА.
400002, Волгоград, ул. Институтская, 8.