

**Лагуткин Олег Евгеньевич
Чиркова Татьяна Юрьевна**

Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения.
Задачник.

Редактор
Лицензия ЛР№020714 от 02.02.98 г.

Подписано в печать . Формат 60x84¹/₁₆. Бумага
типографская. Отпечатано на ризографе. Усл.печ.л. , уч-
изд.л . Тираж 100, заказ

Новомосковский институт Российского химико-
технологического университета им.Д.И.Менделеева

Издательский центр

Адрес института: 301670, Новомосковск, Тульской обл.,
ул.Дружбы, 8

Министерство общего и профессионального
образования РФ
Новомосковский институт
Российского химико-технологического университета
имени Д.И.Менделеева

**Релейная защита и автоматика в
системах электроснабжения.
Задачник.**

Новомосковск 2017

Составители: О.Е.Лагуткин, Т.Ю. Чиркова

УДК-621.318.5

ББК-31.27-05

Л-149

Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения.

Задачник./НИ РХТУ; Сост.: О.Е. Лагуткин, Т.Ю. Чиркова Новомосковск, 2017. с.

Задачник содержит как теоретическую часть курса «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» так и задачи по составлению схем релейной защиты и расчета уставок.

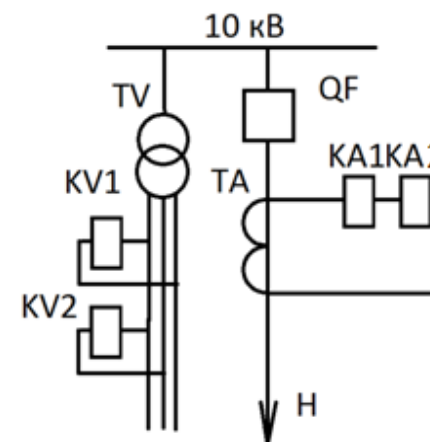
Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 10.04 «Электроснабжение».

Ил. Библиогр. назв.

Рецензенты:

© Новомосковский институт Российского химико-технологического университета им.Д.И.Менделеева, 2017

Задача №16



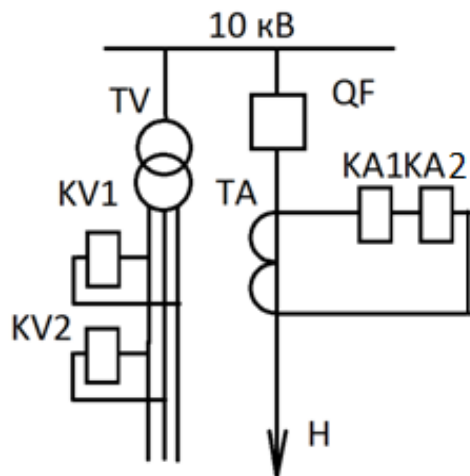
Дано: Нагрузка Н – $P=3,0$ МВт ; $\cos \varphi = 0,81$; $\eta = 0,96$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении тока на 11 % и уменьшении напряжения на 6 % через 10 сек сработает сигнальная лампа.
2. При уменьшении тока на 12 % и уменьшении напряжения на 16 % через 15 сек сработает сигнальная лампа.
3. При уменьшении тока на 11 % сработает указательное реле.

1. При уменьшении напряжения на 5 % сработает сигнальная лампа.
2. При уменьшении напряжения на 16 % и уменьшении тока на 13 % через 12 сек отключится выключатель.
3. При увеличении напряжения на 5 % и увеличении тока на 6 % сработает указательное реле.

Задача №15



Дано: Нагрузка Н – $P=2,6$ МВт ; $\cos \varphi = 0,88$; $\eta = 0,91$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении тока на 5 % через 10 сек сработает сигнальная лампа.
2. При увеличении тока на 17 % и уменьшении напряжения на 13 % через 15 сек отключится выключатель.
3. При увеличении напряжения на 5 % и увеличении тока на 17 % сработает указательное реле.

Содержание

	Содержание	Стр.
1	Назначение релейной защиты	4
2	Релейная защита трансформаторов главных понизительных подстанций	5
2.1	Общие положения	5
2.2	Максимальная токовая защита	6
2.3	Максимальная токовая защита с пуском по напряжению	7
2.4	Токовая защита от перегрузки	8
2.5	Токовая защита нулевой последовательности	9
3	Релейная защита двигателей выше 1 кВ	10
3.1	Общие положения	10
3.2	Расчет уставок и схемы релейной защиты электродвигателей выше 1 кВ	12
3.2.1	Защита от многофазных коротких замыканий	12
3.2.2	Защита от перегрузки	14
3.2.3	Защита от замыканий на землю в обмотке статора	15
3.2.4	Защита минимального напряжения	16
3.2.5	Защита синхронных двигателей от асинхронного хода	17
4	Релейная защита трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций	18
4.1	Общие положения	18
4.2	Расчет уставок и схемы релейной защиты трансформаторов цеховых подстанций	18
4.2.1	Максимально – токовая защита	18
4.2.2	Защита от однофазных коротких замыканий на землю	20
4.2.3	Токовая отсечка	20
5	Задачи на составление схем релейной защиты	22

1. Назначение релейной защиты

Схема электроснабжения промышленного предприятия включает в себя множество вращающихся электрических машин, трансформаторов, кабельных линий и электротехнических аппаратов. В процессе эксплуатации практически в любом месте сети могут возникнуть повреждения, сопровождаемые увеличением тока и глубоким понижением напряжения. Наиболее опасным аварийным режимом является короткое замыкание. Избежать развития аварии можно с помощью специальных автоматических устройств релейной защиты.

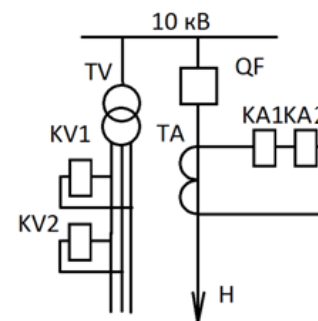
Основное назначение релейной защиты заключается в выявлении места возникновения короткого замыкания и максимально быстром автоматическом отключении поврежденного участка электрической сети от неповрежденной части. Таким образом, при коротких замыканиях релейная защита выполняется с действием на отключение.

Кроме аварийных в электрической сети могут возникать ненормальные режимы работы электротехнического оборудования. К ним можно отнести замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью, перегрузка, понижение уровня масла в расширителе трансформатора и др.

В этих случаях быстро отключать поврежденный участок сети необязательно, так как эти явления могут самоустраняться. Отключение может привести к нарушению технологического режима промышленного.

Другое назначение релейной защиты заключается в выявлении ненормальных режимов работы электротехнического оборудования промышленного предприятия и подаче предупредительных сигналов обслуживающему персоналу. Отключение оборудования должно происходить с выдержкой времени. Таким образом, при ненормальных режимах работы релейная защита выполняется с действием на сигнал.

Задача №13

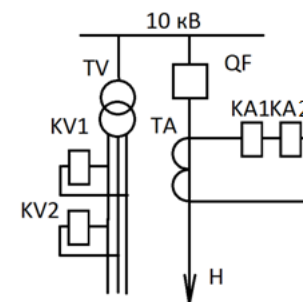


Дано: Нагрузка Н – $P=1,8$ МВт ; $\cos \varphi = 0,85$; $\eta = 0,95$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении напряжения на 10 % через 10 сек отключится выключатель.
2. При увеличении напряжения на 20 % и увеличении тока на 7 % сработает сигнальная лампа.
3. При увеличении напряжения на 20% и уменьшении тока на 7 % сработает указательное реле.

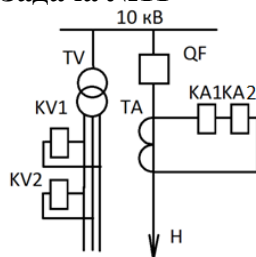
Задача №14



Дано: Нагрузка Н – $P=2,3$ МВт ; $\cos \varphi = 0,81$; $\eta = 0,92$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

Задача №11

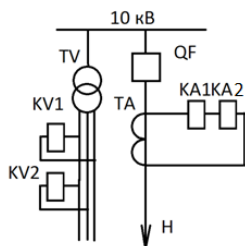


Дано: Нагрузка Н – $P=1,1$ МВт ; $\cos \varphi = 0,86$; $\eta = 0,87$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении напряжения на 6 % и увеличении тока на 12 % через 19 сек сработает указательное реле.
2. При увеличении напряжения на 7 % и увеличении тока на 5 % через 5 сек сработает сигнальная лампа.
3. При увеличении тока на 15 % отключится выключатель.

Задача №12



Дано: Нагрузка Н – $P=1,5$ МВт ; $\cos \varphi = 0,87$; $\eta = 0,91$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении напряжения на 16 % отключится выключатель.
2. При увеличении напряжения на 16 % отключится выключатель.
3. При увеличении тока на 15 % сработает указательная лампа при замыкании контактов двух реле через 14 сек.

2. Релейная защита трансформаторов главных понизительных подстанций

2.1. Общие положения

Релейная защита силовых трансформаторов на ГПП состоит из следующих основных защит:

от внутренних коротких замыканий и замыканий на выводах трансформатора применяется установка продольной дифференциальной защиты на реле РНТ-565 или ДЗТ-11 для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более, а также для всех трансформаторов, когда токовая отсечка не чувствительна; токовой отсечки для трансформаторов мощностью менее 1 МВА. Основные защиты действуют на отключение всех выключателей трансформатора без выдержки времени.

от внешних коротких замыканий устанавливается максимальная токовая защита с пуском напряжения. Эта защита выполняет функции резервирования защит смежного поврежденного элемента электрической сети и действует на отключение.

от перегрузки устанавливается максимальная токовая защита с действием на сигнал и выдержкой времени. Выдержка времени принимается на 30% выше, чем продолжительность пуска или самозапуска питаемых от трансформатора электродвигателей.

от замыканий на землю предусматривается установка токовой защиты нулевой последовательности;

от повреждений внутри кожуха и понижения уровня масла на трансформаторах мощностью 6,3 МВА и более устанавливается газовая защита на отключение или на сигнал. В некоторых случаях допускается установка газовой защиты и на трансформаторах мощностью 1 - 4 МВА.

2.2. Максимальная токовая защита

Максимальная токовая защита трансформатора устанавливается со стороны питания.

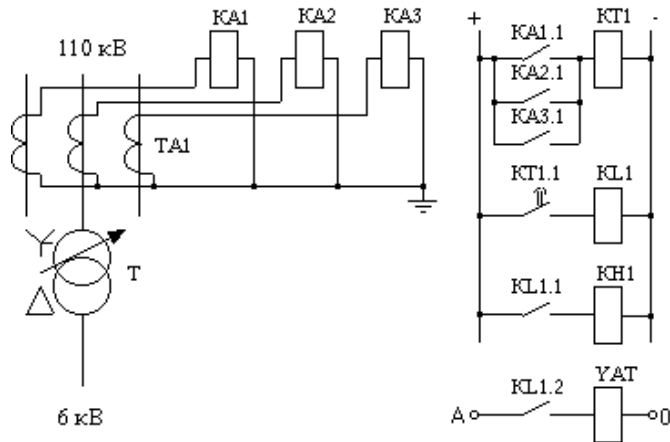


Рис.1. Схема максимальной токовой защиты

Порядок расчета защиты следующий.

1. Ток срабатывания защиты отстраивается от максимального рабочего тока

$$I_{сз} = k_n \cdot I_{раб,маx} = k_n \cdot k_{сзп} \cdot I_{н о м,р} \quad (1)$$

где k_n - коэффициент надежности, принимается равным 1,1-1,2 для реле РТ-40 и РТ-80; $k_{сзп}$ - коэффициент самозапуска, принимается равным 1,4 для трансформаторов, работающих на двухтрансформаторных подстанциях.

2. Ток срабатывания реле

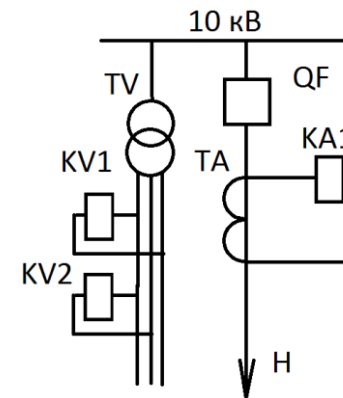
$$I_{ср} = \frac{k_{сх} \cdot I_{сз}}{k_1} \quad (2)$$

Дано: Нагрузка Н – $P=2,5$ МВт ; $\cos \varphi = 0,86$; $\eta = 0,98$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении напряжения на 17 % через 18 сек сработает указательная лампа.
2. При увеличении тока на 5 % и уменьшении напряжения на 17 % отключится выключатель QF через 5 сек
3. При увеличении напряжения на 13% через 10 сек сработает указательное реле.

Задача №10



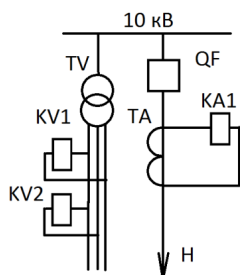
Дано: Нагрузка Н – $P=3,4$ МВт ; $\cos \varphi = 0,79$; $\eta = 0,89$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении напряжения на 17 % через 9 сек сработает указательное реле.
2. При увеличении напряжения на 17 % через 5 сек сработает указательное реле.
3. При увеличении тока на 15 % и увеличении напряжения на 17% через 8 сек сработает указательное реле.

1. При уменьшении тока на 6 % и одновременном уменьшении напряжения на 8 % через 11 сек отключится выключатель QF через 15 сек
2. При уменьшении тока на 6 % через 20 сек сработает указательное реле.
3. При уменьшении тока на 6% через 20 сек сработает указательное реле.

Задача №8

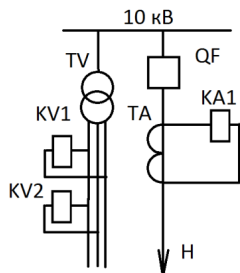


Дано: Нагрузка Н – $P=2,1$ МВт ; $\cos \varphi = 0,82$; $\eta = 0,90$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При уменьшении напряжения на 17 % через 18 сек сработает указательная лампа.
2. При увеличении тока на 5 % отключится выключатель QF через 15 сек
3. При увеличении тока на 5 % и увеличении напряжения на 12% через 20 сек отключится выключатель QF.

Задача №9



где $k_{сх}$ - коэффициент схемы соединения трансформаторов тока (к установке обычно принимается схема полной звезды); k_I - коэффициент трансформации трансформаторов тока.

3. Время срабатывания реле выбирается наибольшее из двух условий:

а) отстройка от времени срабатывания АВР на шинах НН

$$t_{сз} = t_{авр} + \Delta t,$$

где Δt - ступень селективности, принимается равным 0,5 с;

б) отстройка от времени срабатывания защиты присоединения на шинах НН

$$t_{сз} = t_{сз,пр} + \Delta t$$

4. Проверка на чувствительность производится по току двухфазного к.з. на шинах НН, приведенного к ВН

$$k_{ч} = \frac{I_{к з min, ВН}^{(2)}}{I_{с.з}} = \frac{\sqrt{3} I_{к з min, ВН}^{(3)}}{2 I_{с.з}} \geq 1,5 \quad (3)$$

2.3. Максимальная токовая защита с пуском по напряжению

Наличие комбинированного пускового органа напряжения позволяет выбрать ток срабатывания защиты без учета перегрузки трансформатора по условию

$$I_{с з} = \frac{k_n \cdot I_{н о м гр}}{k_B} \quad (4)$$

где k_n - коэффициент надежности, принимается равным 1,2; k_B - коэффициент возврата, принимается равным 0,8. Ток срабатывания реле рассчитывается по выражению (8).

Напряжение срабатывания защиты отстраивается от напряжения самозапуска заторможенных двигателей нагрузки

$$U_{сз} = \frac{U_{сзп}}{k_H} = \frac{0,7U_{ном}}{k_H} \quad (5)$$

Время срабатывания защиты определяется аналогично времени срабатывания максимальной токовой защиты.

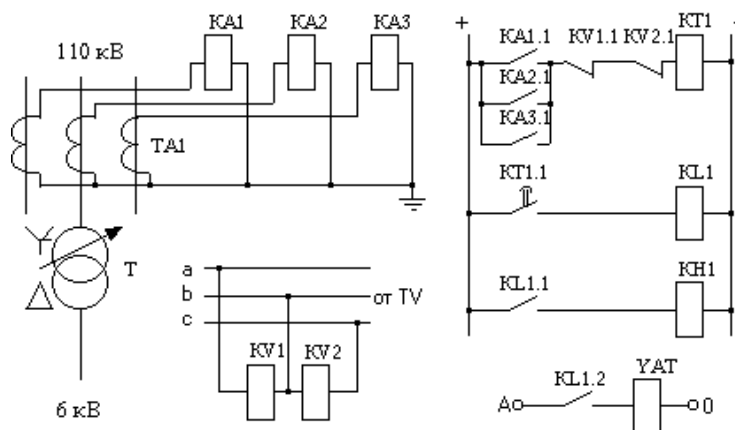


Рис.2. Схема максимальной токовой защиты с пуском по напряжению

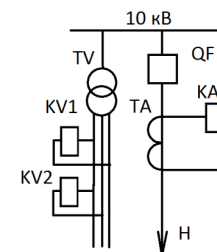
Чувствительность защиты определяется по выражению (3).

2.4. Токовая защита от перегрузки

Перегрузка обычно является симметричной, поэтому защита выполняется одним реле тока, включенным в цепь одного из трансформаторов тока защиты от внешних к.з. Защита от перегрузки срабатывает на сигнал.

Ток срабатывания реле определяется по выражению

Задача №6

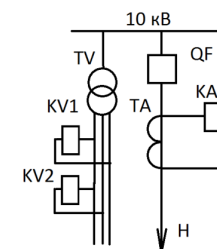


Дано: Нагрузка Н – P=1,2 МВт ; cos φ = 0,87; η = 0,96

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении напряжения на 15 % указательное реле работает только при замыкании контактов двух реле напряжения
2. При увеличении тока на 7 % и одновременном увеличении напряжения на 15 % через 11 сек отключится выключатель QF
3. При увеличении тока на 16 % через 12 сек работает указательное реле.

Задача №7



Дано: Нагрузка Н – P=1,7 МВт ; cos φ = 0,80; η = 0,93

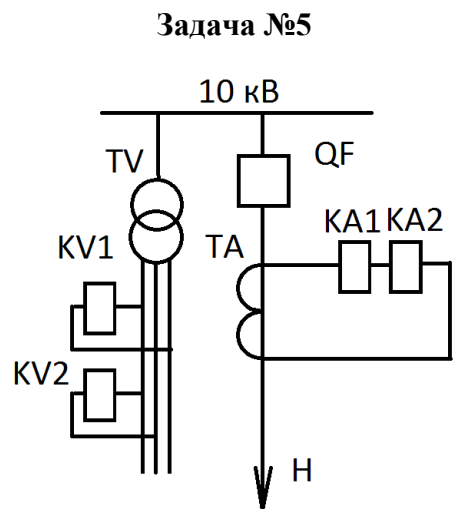
Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

4. При увеличении напряжения на 11 % через 8 сек работает сигнальная лампа.

Дано: Нагрузка Н – P=2,7 МВт ; $\cos \varphi = 0,85$; $\eta = 0,93$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении тока на 5 % сработает указательное реле
2. При увеличении тока на 10 % и одновременном уменьшении напряжения на 25 % отключится выключатель QF
3. При уменьшении напряжения на 25 % через 10 сек сработает указательная лампа.



Дано: Нагрузка Н – P=3,2 МВт ; $\cos \varphi = 0,89$; $\eta = 0,94$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении тока на 5 % указательное реле сработает только при замыкании контактов двух реле тока
2. При увеличении тока на 5 % и одновременном уменьшении напряжения на 10 % через 15 сек отключится выключатель QF
3. При увеличении тока на 5% через 10 сек сработает указательное реле.

$$I_{\text{ср}} = \frac{k_H \cdot I_{\text{н о м, гр}}}{k_I \cdot k_B} \quad (6)$$

где коэффициент надежности учитывает только погрешность в токе срабатывания и принимается равным 1,05.

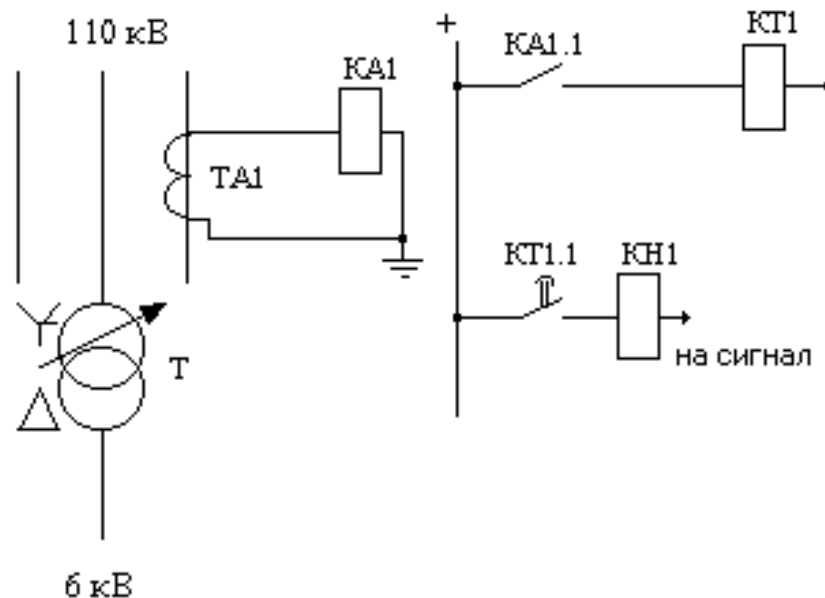


Рис.3.Схема максимальной токовой защиты от перегрузки

2.5. Токовая защита нулевой последовательности

Токовая защита устанавливается на трансформаторах с глухозаземленной нейтралью. Выполняется на реле типа РТ-40, подключенном к трехтрансформаторному фильтру токов нулевой последовательности, установленному на стороне с глухозаземленной нейтралью.

Ток срабатывания защиты отстраивается от номинального тока трансформатора

$$I_{\text{сз}} = (0,4 \div 0,8) I_{\text{ном, гр}} \quad (7)$$

Ток срабатывания реле

$$I_{ср} = \frac{I_{сз}}{k_I \cdot k_B} \quad (8)$$

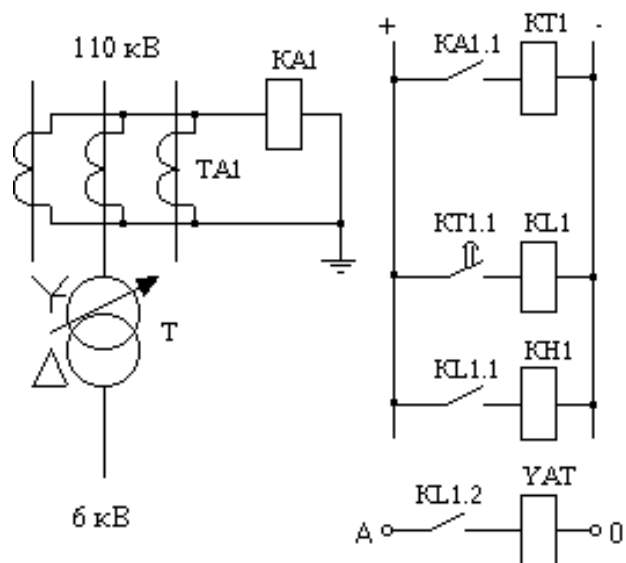


Рис. 4. Схема токовой защиты нулевой последовательности

3. Релейная защита двигателей выше 1 кВ.

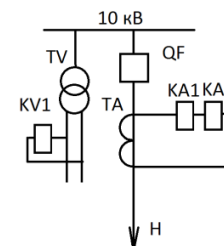
3.1. Общие положения.

Релейная защита двигателей включает в себя следующие виды защит:

от многофазных замыканий на линейных выводах и в обмотке статора для двигателей мощностью до 4 МВт применяется максимальная токовая отсечка. Токвая отсечка электродвигателей мощностью до 2 МВт выполняется по наиболее простой однорелейной схеме. Для двигателей мощностью выше 4 МВт и в случаях, когда токовая отсечка не

1. При уменьшении тока на 10 % сработает сигнальная лампа HL
2. При увеличении тока на 20 % и одновременном увеличении напряжения на 15 % отключится выключатель QF
3. При увеличении тока на 20 % через 12 сек сработает указательное реле

Задача №3

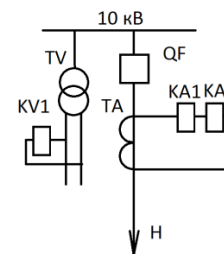


Дано: Нагрузка H – P=2,2 МВт ; cos φ = 0,9; η = 0,81

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

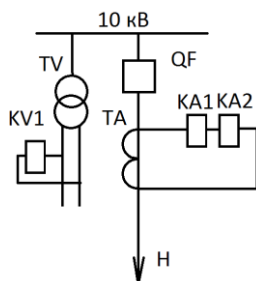
1. При увеличении тока на 10 % через 11 сек отключится выключатель QF
2. При увеличении тока на 10 % и одновременном увеличении напряжения на 5 % через 15 сек сработает сигнальная лампа HL
3. При уменьшении тока на 25 % сработает указательное реле.

Задача №4



5 Задачи на составление схем релейной защиты

Задача №1

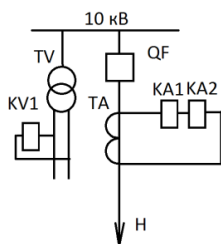


Дано: Нагрузка Н – $P=1,2$ МВт ; $\cos \varphi = 0,85$; $\eta = 0,92$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

1. При увеличении тока на 15 % через 10 сек отключится выключатель QF
2. При увеличении тока на 25 % и одновременном увеличении напряжения на 10 % сработает указательное реле
3. При увеличении тока на 25 % сработает сигнальная лампа HL.

Задача №2



Дано: Нагрузка Н – $P=1,8$ МВт ; $\cos \varphi = 0,81$; $\eta = 0,90$

Задание: Составить схему цепи управления и рассчитать уставки токовых реле и реле напряжения исходя из следующих условий

проходит по чувствительности, применяют продольную дифференциальную защиту без выдержки времени.

от перегрузки защита устанавливается в случаях, когда возможны технологические перегрузки электродвигателей или имеются тяжелые условия пуска и самозапуска (время пуска более 20 сек). Устанавливается максимальная токовая защита с действием на сигнал. Действие защиты на отключение предусматривается в случаях, когда без остановки двигателя выявить причину перегрузки невозможно.

от однофазных замыканий на землю на линейных выводах и в обмотке статора устанавливается, если ток срабатывания защиты превышает 10 А для электродвигателей мощностью до 2 МВт и 5 А для электродвигателей мощностью выше 2 МВт. Устанавливается токовая защита нулевой последовательности или токовая направленная защита нулевой последовательности. На электродвигателях большой мощности, питаемых через два и больше кабелей, защита от замыканий на землю выполняется с одним общим трансформатором тока нулевой последовательности. Для защиты от двойных замыканий на землю применяется токовая отсечка нулевой последовательности.

от потери питания и понижения напряжения устанавливается защита минимального напряжения, отключающая неответственные электродвигатели для обеспечения самозапуска наиболее ответственных электродвигателей. В некоторых случаях, например, для пуска схем АВР, могут быть отключены и часть ответственных электродвигателей. Число ступеней уставок срабатывания по напряжению и по времени зависит от типа электродвигателей, условий их работы и отношения к самозапуску.

от асинхронного режима (для синхронных электродвигателей) устанавливается защита на токовом реле, действующем на отключение выключателя и АГП с выдержкой времени.

Требования к защите:

1) защита должна отличать, возбужденный или невозбужденный синхронный двигатель перешел в асинхронный режим,

2) целесообразно, чтобы защита действовала только при скольжении большем критического,

3) защита должна действовать на гашение поля, если асинхронный режим не связан с потерей возбуждения,

4) защита должна осуществить автоматическую разгрузку синхронных двигателей не рассчитанных на втягивание в синхронизм при полной нагрузке,

5) при не удачной ресинхронизации защита должна действовать на отключение синхронных двигателей от сети,

6) пуск, самозапуск, форсировка возбуждения и другие переходные режимы не должны вызывать срабатывания защиты.

3.2. Расчет уставок и схемы релейной защиты электродвигателей выше 1 кВ

3.2.1. Защита от многофазных коротких замыканий

Ток срабатывания реле токовой отсечки выбирается в соответствии с формулой

$$I_{cp} \geq k_{отс} \cdot k_{сх} \cdot I''_{max} / k_I, \quad (8)$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки (при выполнении отсечки на реле РТ-40 $k_{отс}= 1.4-1.5$ для АД и $k_{отс}=1.6-1.8$ для СД; при выполнении отсечки на реле РНТ-565 $k_{отс} = 1.3$); $k_{сх}$ - коэффициент схемы включения реле (при включении реле на фазные токи $k_{сх}=1$); k_I - коэффициент трансформации

стороне 0,4кВ осуществляется с помощью автоматического выключателя SF.

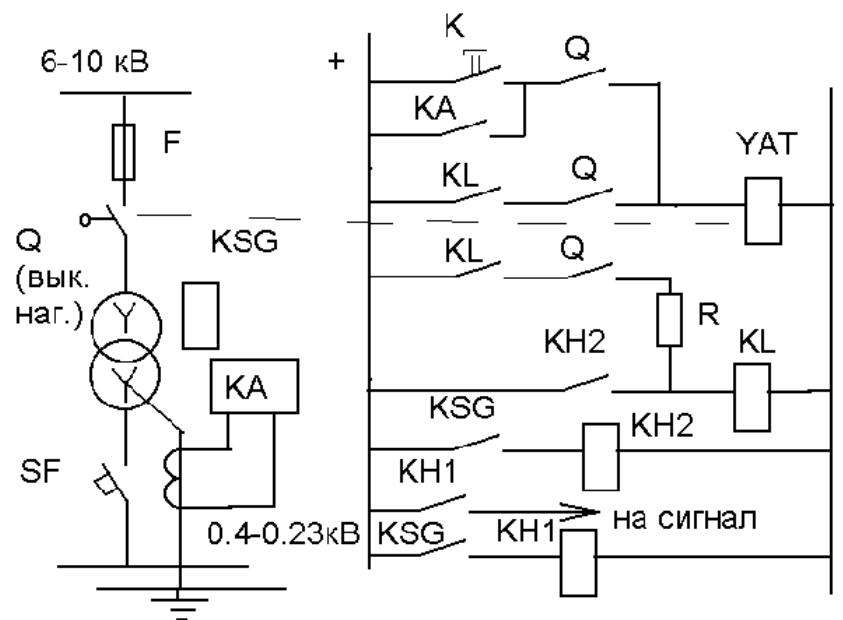


Рис. 11. Схема газовой защиты трансформатора цеховой подстанции. Защита от однофазных коротких замыканий на стороне 0,4 кВ осуществляется с помощью реле КА, установленного в нулевом проводе защищаемого трансформатора.

4.2.2. Защита от однофазных коротких замыканий на землю

Отстройка защиты производится от наибольшего допустимого тока небаланса в нулевом проводе трансформатора в нормальном режиме

$$I_{c3} \geq k_n I_{H0} \geq 0.5 I_{\text{ном. транс}} \quad (20)$$

Коэффициент чувствительности для основной зоны защиты

$$k_{ч}^{(1)} = I_{к}^{(1)} / I_{c3} \geq 1.5, \quad (21)$$

4.2.3. Токовая отсечка

Ток срабатывания отсечки рассчитывается по выражению

$$I_{co} \geq k_{отс} I_{к \text{ макс}}^{(3)} \quad (22)$$

Ток $I_{к \text{ макс}}^{(3)}$ – ток трехфазного КЗ на стороне низкого напряжения трансформатора, приведенный к стороне высокого напряжения; $k_{отс} = 1,6$.

Коэффициент чувствительности рассчитывается при двухфазном КЗ в месте установки отсечки

$$k_{ч}^{(2)} = I_{кз \text{ мин}}^{(2)} / I_{co} \geq 2, \quad (23)$$

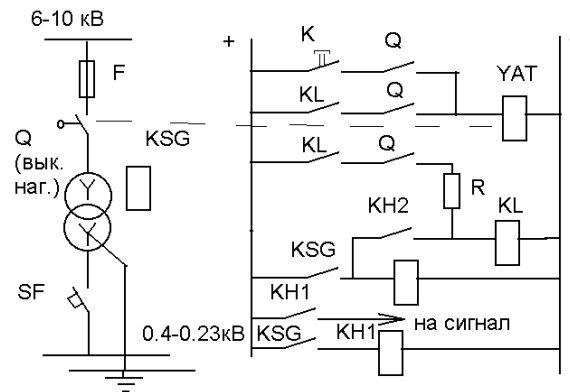


Рис. 10. Схема газовой защиты трансформатора цеховой подстанции.

Защита от однофазных коротких замыканий на

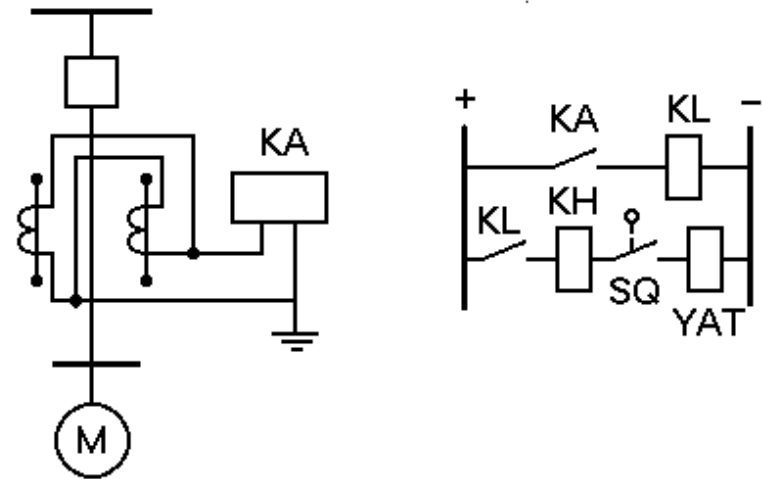


Рис.5. Схема защиты электродвигателя токовой отсечкой.

трансформатора тока; I''_{max} - наибольшее действующее значение периодической составляющей тока, протекающего через трансформаторы тока в режиме пуска, самозапуска или внешнего КЗ при выведенных пусковых устройствах (в расчетах можно принять $I''_{\text{max}} = I_{\text{пуск}}$).

Чувствительность токовой отсечки определяется при металлическом двухфазном КЗ на выводах электродвигателя в режиме, обуславливающим протекание наименьшего тока в реле:

$$k_{ч \text{ min}} = \frac{I_{кз \text{ мин}}^{(2)}}{I_{cp} \cdot k_I} \approx \frac{0.87 \cdot I_{кз \text{ мин}}^{(3)}}{I_{cp} \cdot k_I} \leq 2 \quad (9)$$

2) Расчет дифференциальной защиты с реле типа ДЗТ-11 состоит в выборе необходимого числа витков W_D дифференциальной обмотки реле, соответствующего схеме соединений трансформаторов тока и постоянной времени $T_a = x_{\Sigma} / w \cdot r_{\Sigma}$, где x_{Σ} и r_{Σ} - соответственно индуктивное и активное сопротивления цепи, по которой протекает ток I''_{max} .

Число витков тормозной обмотки реле принимается равным наибольшему возможному значению:

$$w_T = 24.$$

Относительное значение начального тока срабатывания защиты определяется по формуле:

$$I_{сз0} = \frac{F_{ср0} \cdot K_I}{w_I \cdot I_{ном}} \quad (10)$$

где $F_{ср0}$ - магнитодвижущая сила срабатывания реле ДЗТ-11 при отсутствии торможения; $F_{ср0} = 100$ Авит ; w_I - число витков обмотки реле в дифференциальной цепи защиты. Чувствительность защиты с реле типа ДЗТ-11 может не проверяться.

3.2.2. Защита от перегрузки

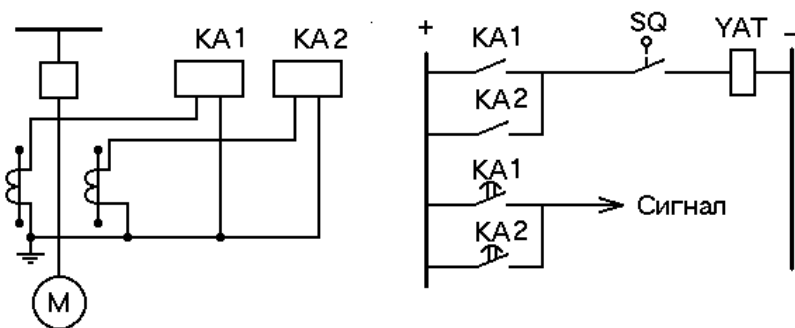


Рис. 6. Схема защиты электродвигателя от коротких замыканий и перегрузки.

Ток срабатывания защиты от перегрузки принимается равным:

$$I_{сз} = \frac{k_{отс}}{k_B} I_{ном}, \quad (11)$$

$$I_{сз} \geq (k_{отс} (k_{сзп} I_{раб макс рез} + I_{раб макс})) \quad (16)$$

$I_{раб макс рез}$ - максимальный рабочий ток секции 0.4 кВ, которая подключается к рассматриваемому трансформатору при срабатывании устройства АВР, принимается равным (0.65-0.7) $I_{ном транс}$, $I_{раб макс}$ - максимальный рабочий ток рассматриваемого трансформатора, который в схеме с АВР не должен превышать (0.65-0.7) $I_{ном транс}$, чтобы не допускать опасной перегрузки трансформатора после действия АВР.

Из двух значений $I_{сз}$ выбирается наибольший.

Проверка чувствительности максимально – токовой защиты осуществляется по двухфазному кз за трансформатором

$$k_{ч}^{(2)} = \frac{I_{кз мин}^{(2)}}{I_{сз}} \geq 1,5, \quad (17)$$

где $I_{кз мин}^{(2)}$ - ток двухфазного короткого замыкания в минимальном режиме на стороне низкого напряжения трансформатора, приведенный к стороне высшего напряжения: по однофазному кз на стороне 0.4 кВ

$$k_{ч}^{(1)} = \frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{сз}} \geq 1,5, \quad (18)$$

где $I_{кз}^{(1)}$ - ток однофазного кз на стороне низкого напряжения трансформатора, приведенный к стороне высшего напряжения.

В случае, если не обеспечивается необходимый коэффициент чувствительности, то дополнительно устанавливается специальная защита нулевой последовательности на стороне 0.4 кВ, предназначенная для работы при однофазных кз на землю.

Ток срабатывания максимально – токовой защиты от перегрузок выбирается из условия

$$I_{сз} > k_{отс} / k_B * I_{ном}, \quad (19)$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток защищаемого трансформатора.

Выдержка времени принимается больше на ступень селективности, чем время срабатывания защиты от междуфазных кз.

4. Релейная защита трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций

4.1. Общие положения

К трансформаторам цеховых трансформаторных подстанций в основном относятся трансформаторы напряжением 6-10 / 0,4 кВ мощностью 1000 кВА. Релейная защита таких трансформаторов зависит от типа коммутационных аппаратов, установленных на стороне высшего и низшего напряжения и включает в себя защиты:

от междуфазных коротких замыканий на стороне высшего напряжения – предохранители (в случае применения выключателей нагрузки); максимальная токовая защита; иногда, по условию обеспечения селективности, устанавливается токовая отсечка.

от однофазных замыканий на землю на стороне низкого напряжения – автоматические выключатели на стороне низкого напряжения или специальная защита нулевой последовательности, установленная в нулевом проводе на стороне низкого напряжения.

от повреждений внутри кожуха и понижения уровня масла – газовая защита, устанавливаемая на трансформаторах мощностью 400 кВА и выше; у герметически закрытых трансформаторов, не имеющих расширителя, вместо газового реле устанавливают реле повышения внутритрансформаторного давления, работающего на отключение.

от перегрузки – максимально – токовая защита.

4.2. Расчет уставок и схемы релейной защиты трансформаторов цеховых подстанций

4.2.1. Максимально – токовая защита

Ток срабатывания максимально-токовой защиты от междуфазных коротких замыканий рассчитывается по двум условиям. Первое условие

$$I_{сз} > k_n k_{сзп} / k_b * I_{раб макс}, \quad (15)$$

где $k_{отс}$ - коэффициент отстройки, $k_{отс}=1,2$; k_b - коэффициент возврата, $k_b=0.8$; $I_{раб макс} = I_{ном транс}$.

Второе условие – обеспечение бездействия защиты после работы АВР на стороне 0.4 кВ.

где $k_{отс} = 1,1 - 1,2$; $k_b = 0,8$ – для реле типа РТ-82 и 0,85 для реле типа РТ-40. Выдержка времени отстраивается от времени пуска и принимается равной 10 – 20 сек.

3.2.3 Защита от замыканий на землю в обмотке статора

Уставки срабатывания реле тока защит от замыканий на землю рассчитываются в первичных токах. Ток срабатывания защиты с реле типа РТЗ-51 определяется из условия ее надежной отстройки от броска собственного емкостного тока:

$$I_{сз} \geq I_{сз расч} = k_{отс} \cdot k_b \cdot I_c, \quad (12)$$

где $k_{отс}$ - коэффициент отстройки ($k_{отс}=1,2$); k_b - коэффициент, учитывающий бросок собственного емкостного тока ($k_b=2,5$); I_c - собственный емкостной ток присоединения электродвигателя $I_{сд}$ и линии $I_{сл}$ $I_c=I_{сд}+I_{сл}$.

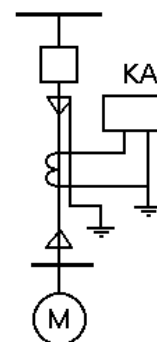


Рис.7. Схема защиты электродвигателей от замыканий на землю.

Собственный емкостной ток электродвигателя, А:

$$I_{сд} = \frac{6\pi \cdot f \cdot C_d \cdot U_{ном}}{\sqrt{3}}, \quad (13)$$

где f - номинальная частота сети, Гц; $U_{ном}$ - номинальное напряжение сети, В; C_d - емкость фазы статора двигателя, Ф (принимается по данным завода изготовителя).

При мощности двигателя не более 2,5-3 МВт, значением $I_{сд}$ можно пренебречь.

Собственный емкостной ток линии, входящей в зону защиты, определяется по формуле:

$$I_{СЛ} = I_{С0} \cdot l \cdot m, \quad (14)$$

где $I_{С0}$ - значение собственного емкостного тока 1 км кабеля; l - длина линии, км; m - число кабелей в линии.

Ток срабатывания защиты не должен превышать 10 А для электродвигателей мощностью до 2 МВт и 5 А для электродвигателей выше 2 МВт и выше.

3.2.4 Защита минимального напряжения

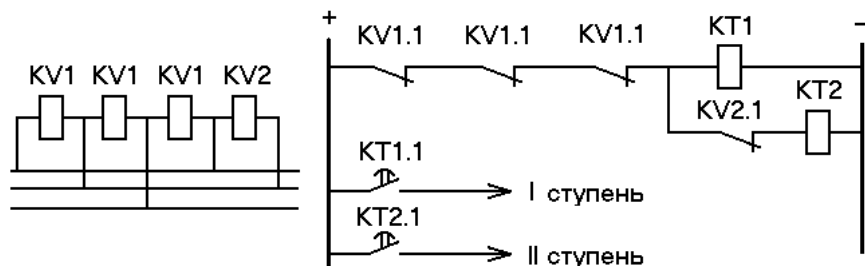


Рис.8. Схема защиты минимального напряжения.

Уставка по напряжению первой ступени защиты, предназначенной для отключения несамозапускающихся двигателей, принимается равной $0,7 U_{ном}$. Выдержка времени принимается равной большей времени действия основных защит элементов сети от многофазных кз $t_{сз} = 0,5 \div 1,5$ сек.

Уставка по напряжению второй ступени защиты принимается равной $0,5 U_{ном}$. Выдержка времени $t_{сз} = 9 \div 10$ сек.

3.2.5 Защита синхронных двигателей от асинхронного хода

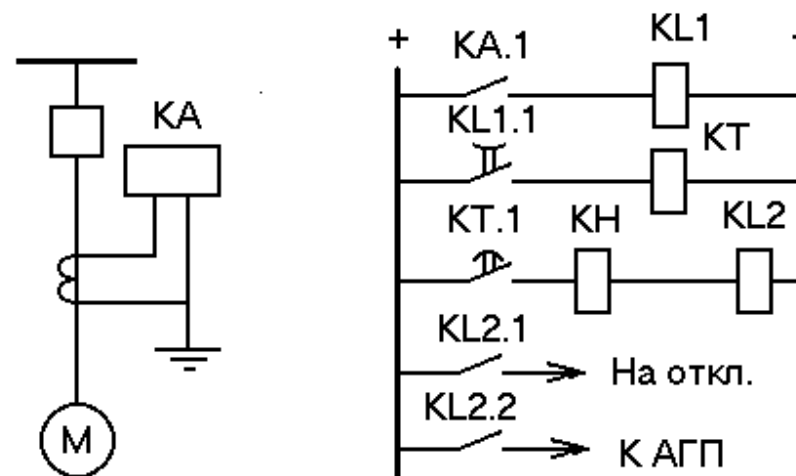


Рис.9. Схема защиты синхронного двигателя от выпадения из синхронизма.

Ток срабатывания защиты от асинхронного хода принимается равным $(1,4 \div 1,5) I_{ном}$.