

**Общие вопросы выполнения
релейной защиты
электроэнергетических
систем**

Литература :

- Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А. Андреев. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2007. – 639 с.: ил. ISBN 5-06-004826-8.(библиотека ОГАУ)
- Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. - М.: энергоатомиздат, 1998. (библиотека ОГАУ)
- ГОСТ Р 55438-2013 оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации УТВЕРЖДЕНЫ приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 года N 229. ПТЭЭС

Назначение релейной защиты

В электроэнергетических системах могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы.

Релейная защита (РЗ) – часть электрической автоматики, предназначенная для выявления и автоматического отключения поврежденного электрооборудования.

Назначение – выявление места КЗ и быстрое отключение поврежденного участка от неповрежденной части.

Повреждения: короткие замыкания – сверх ток (КЗ), понижение напряжения – потеря устойчивости.

Ненормальные режимы – отклонения напряжения, тока и частоты.

Подстанция - электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств.

Блокировка электротехнического изделия (устройства) – часть электротехнического изделия (устройства), предназначенная для предотвращения или ограничения выполнения операций одними частями изделия при определенных состояниях или положениях других частей изделия в целях предупреждения возникновения в нем недопустимых состояний или исключения доступа к его частям, находящимся под напряжением. (сокращенно - **оперативной блокировкой**)

Оперативный ток – питает цепи дистанционного управления выключателями, оперативные цепи релейной защиты, автоматики.

Схема – документ, содержащий условные графические изображения составных частей технического предмета и связи между составными частями.

Вторичные цепи электростанции [подстанции] - совокупность кабелей и проводов, соединяющих устройства управления, автоматики, сигнализации, защиты и измерения электростанции [подстанции]

Диспетчерское наименование – название ЛЭП, основного и вспомогательного оборудования подстанции (электростанции), устройств РЗА, СДТУ и АСДУ, которое однозначно определяет оборудование или устройство в пределах одного объекта электроэнергетики и ЛЭП в пределах зоны эксплуатационной ответственности.

Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) - электрическое распределительное устройство, оборудование которого расположено в помещении.

Открытое распределительное устройство (ОРУ) - электрическое распределительное устройство, оборудование которого расположено на открытом воздухе

Коммутационный электрический аппарат - электрический аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи и проведения тока.

Собственные нужды электростанции [подстанции] СН - совокупность вспомогательных устройств и относящейся к ним электрической части, обеспечивающих работу электростанции [подстанции]

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

Электрооборудование – любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления электроэнергии (в том числе машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, электроприемники).

Ячейка – часть подстанции, РУ, содержащая всю или часть коммутационной и/или иной аппаратуры одного присоединения.

ВЛ – воздушная линия электропередачи
КЛ – кабельная линия электропередачи
КЗ – короткое замыкание
ОВБ – оперативно-выездная бригада
ОПН – ограничитель перенапряжения
РП – распределительный пункт
РПН – устройство регулирования под нагрузкой
ТП – трансформаторная подстанция
УРОВ – устройство резервирования отказов выключателей
АПВ – автоматическое повторное включение
АВР – автоматическое включение резерва
АЧР – Автоматическая частотная разгрузка
АПНУ – автоматика предотвращения нарушения устойчивости
АЛАР – автоматика ликвидации асинхронного режима
УПАСК – устройство передачи аварийных сигналов и команд
АРН – автоматика регулирования напряжения
АРВ – автоматическое регулирование возбуждения
ОМП – определение места повреждения на ЛЭП
РАС – регистратор аварийных событий
ТО – токовая отсечка
МТЗ – максимально токовая защита
ДЗ – дистанционная защита

ТТ – трансформатор тока

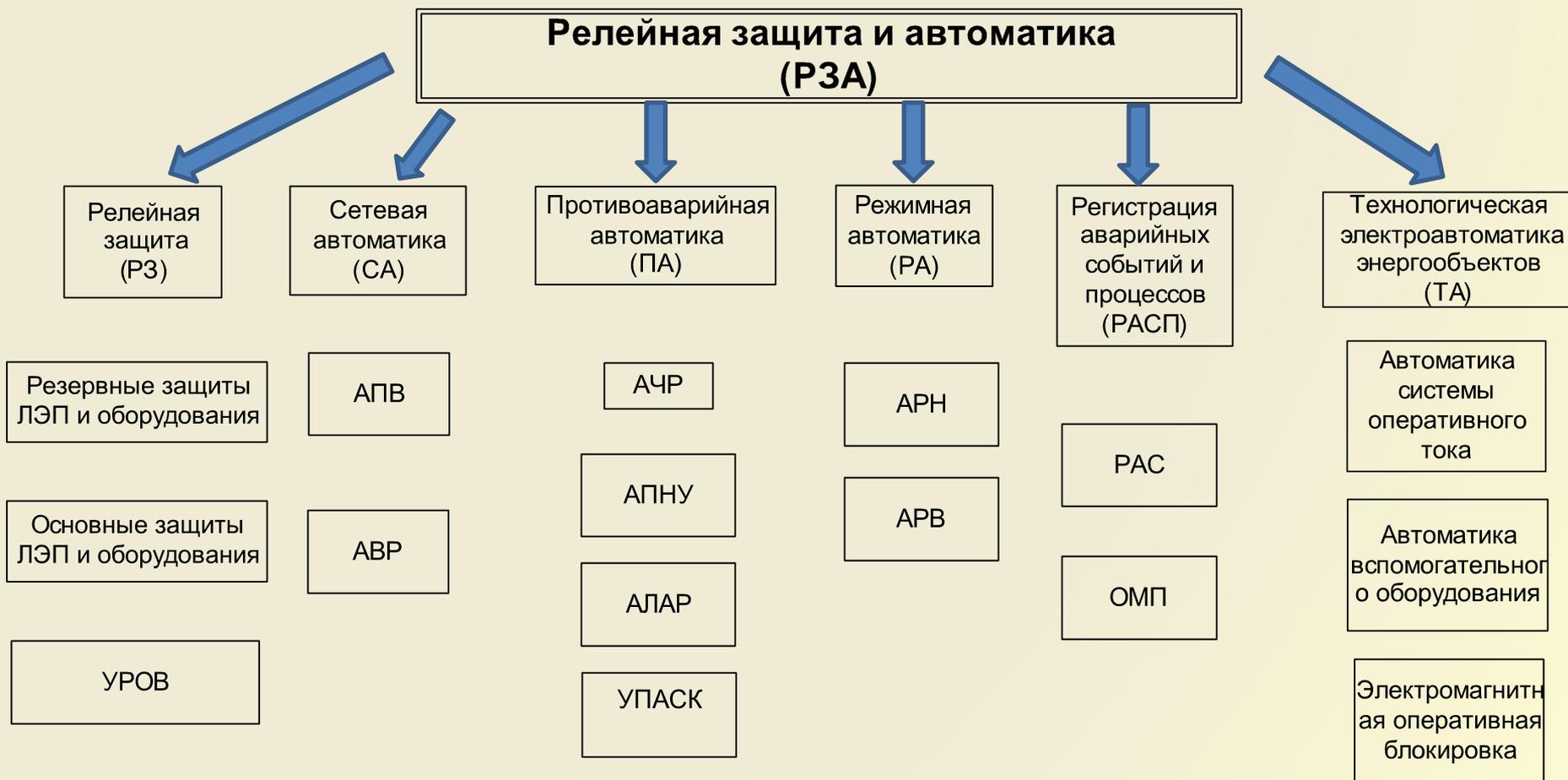
ТН – трансформатор напряжения

Т – силовой трансформатор

- ПТЭЭС
- 5.9.1. Силовое электрооборудование электростанций, подстанций и электрических сетей должно быть защищено от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов устройствами релейной защиты, автоматическими выключателями или предохранителями и оснащено устройствами электроавтоматики, в том числе устройствами противоаварийной автоматики и устройствами автоматического регулирования.
- Устройства релейной защиты и электроавтоматики (РЗА), в том числе противоаварийной автоматики, по принципам действия, уставкам, настройке и выходным воздействиям должны соответствовать схемам и режимам работы энергосистем и постоянно находиться в работе, кроме устройств, которые должны выводиться из работы в соответствии с назначением и принципом действия, режимом работы энергосистемы и условиями селективности.
- 5.9.5. Силовое электрооборудование и линии электропередачи могут находиться под напряжением только с включенной релейной защитой от всех видов повреждений. При выводе из работы или неисправности отдельных видов защит оставшиеся в работе устройства релейной защиты должны обеспечить полноценную защиту электрооборудования и линий электропередачи от всех видов повреждений. Если это условие не выполняется, должна быть осуществлена временная быстродействующая защита или введено ускорение резервной защиты, или присоединение должно быть отключено.

- 5.9.10. В службе РЗА электротехнической лаборатории (ЭТЛ) энергопредприятия на устройства РЗА, находящиеся в эксплуатации, должна быть следующая техническая документация:
 - паспорта-протоколы;
 - инструкции или методические указания по наладке и проверке;
 - технические данные об устройствах в виде карт уставок и характеристик;
 - исполнительные рабочие схемы: принципиальные, монтажные или принципиально-монтажные;
 - рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА с указанием последовательности, способа и места отсоединения их цепей от остающихся в работе устройств РЗА, цепей управления оборудованием и цепей тока и напряжения; перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем энергосистемы или энергообъекта.
- Результаты технического обслуживания должны быть занесены в паспорт-протокол (подробные записи по сложным устройствам РЗА при необходимости должны быть сделаны в рабочем журнале).
- В службах РЗА всех уровней управления должны быть технические данные об устройствах, находящихся в управлении и ведении этих служб, в виде карт (таблиц) или журналов (характеристик), принципиальных или структурных схем (технологических алгоритмов функционирования).

Классификация устройств РЗА



ГОСТ Р 55438-2013 оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации

Подробнее о повреждениях

Причины: нарушение изоляции, старение, механическое повреждение, перенапряжение, смыкание проводов на ЛЭП, ошибки персонала.

Виды: КЗ – наиболее тяжелое.

Просадка напряжения

Замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью

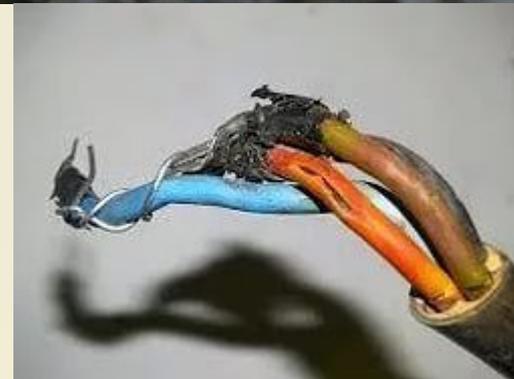
Перенапряжения

Ненормальные режимы

Перегрузка оборудования – перегрев оборудования и изоляции, её ускоренный износ.

Качания в системах – выход из синхронизма параллельно работающих генераторов.

Повышение напряжения – при внезапном отключении нагрузки.



Условные графические обозначения и диспетчерские наименования в схемах

Для обозначения на чертеже схем релейной защиты применяются специальные условные обозначения электрических машин, аппаратов, реле приборов и др.

Т1 - Главный трансформатор

ТН - Трансформатор напряжения

ТТ - Трансформатор тока

РР - Реактор токоограничивающий

СШ - Система шин

В 110кВ – Выключатель

ЛР – линейный разъединитель

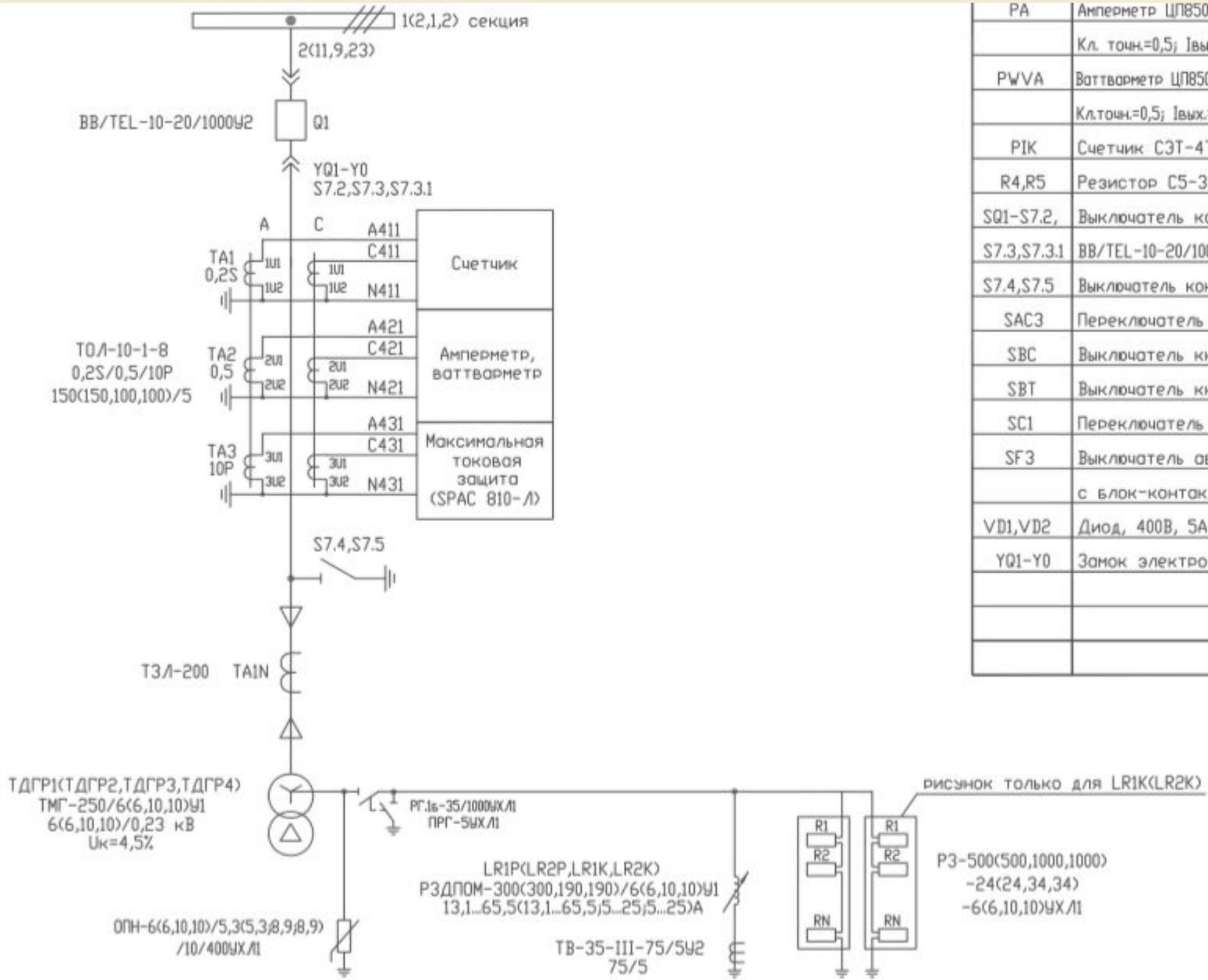
СВ - Выключатель секционирующий

ОВ – Выключатель обходной

КЛ - Кабельная линия

ВЛ - Воздушная линия

Г - генератор



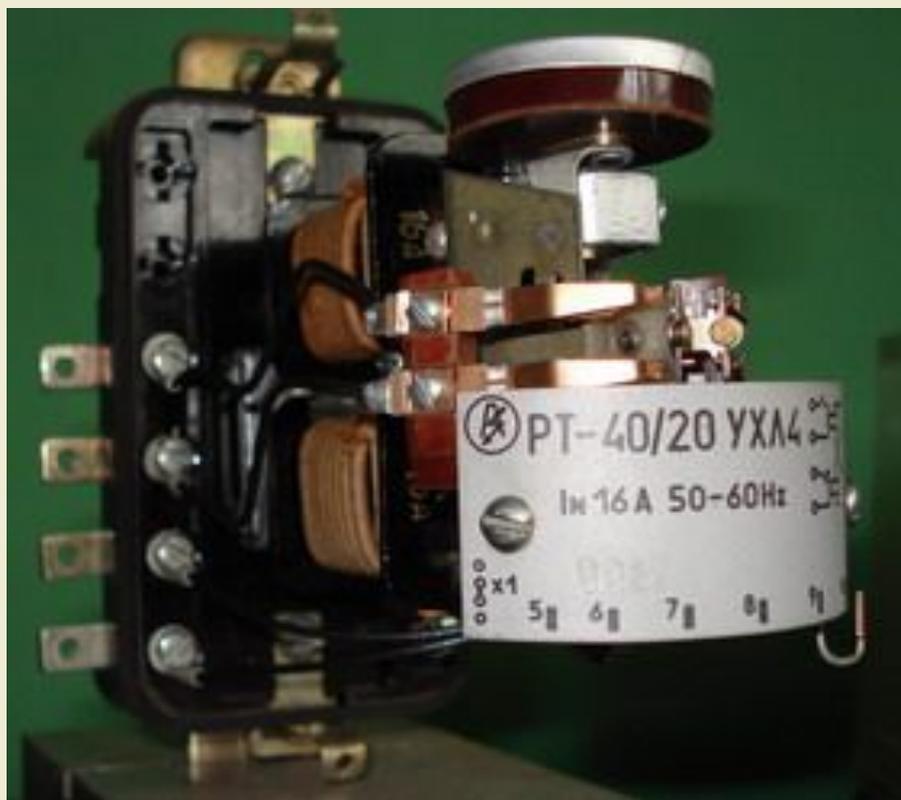
PA	Амперметр ЦП8501
	Кл. точн.=0,5; I _{выс.} :
PWVA	Ваттварметр ЦП850
	Кл.точн.=0,5; I _{выс.} :
PIK	Счетчик СЗТ-4Т
R4,R5	Резистор С5-35
SQ1-S7.2,	Выключатель ко
S7.3,S7.3.1	BB/TEL-10-20/100
S7.4,S7.5	Выключатель кон
SAC3	Переключатель
SBC	Выключатель кн
SBT	Выключатель кн
SC1	Переключатель
SF3	Выключатель ав
	с блок-контак
VD1,VD2	Диод, 400В, 5А
YQ1-Y0	Замок электро

Элементная база

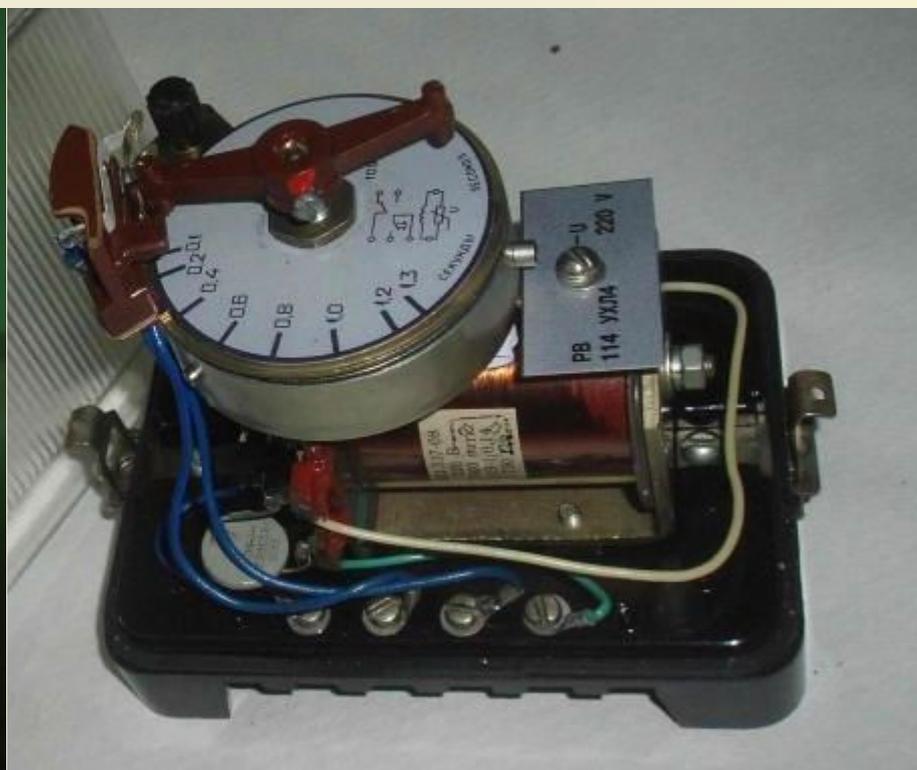
- ЭМ – электромеханическая (~80% УРЗА)
- МЭ – микроэлектронная (~5% УРЗА)
- МП – микропроцессорная (~15% УРЗА)

Электромеханические реле

РТ-40



РВ-114



Микроэлектронные реле

РСТ-80



РПВ-0



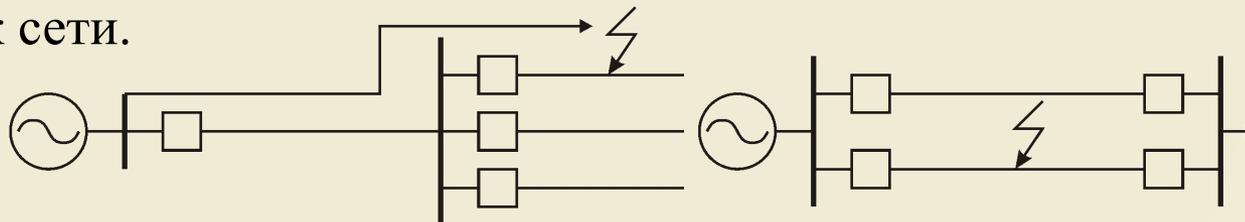
1

Микропроцессорные



Требования к релейной защите

Селективность – способность отключать только поврежденный участок сети.



Быстродействие – главное условие для сохранения устойчивости параллельной работы генераторов. Уменьшается время снижения напряжения у потребителей, повышается эффективность АПВ, уменьшается ущерб для оборудования.

$$t_{\text{откл}} = t_z + t_v,$$

где t_z – время действия защиты,
 t_v – время отключения выключателя – 0,15...0,06 с.

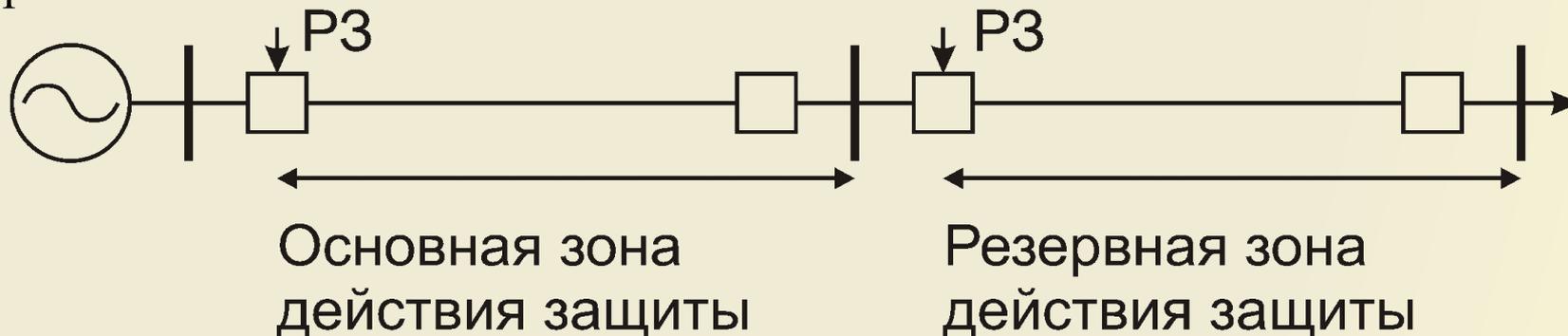
Быстродействующей считается защита, имеющая диапазон срабатывания – 0,1...0,2 с, самые быстродействующие – 0,02...0,04 с.

В ряде случаев требование быстродействия является определяющим.

Быстродействующие защиты могут быть и *неселективными*, для исправления неселективности используется АПВ.

Время действия релейной защиты для ВЛ 300-500 кВ - 0,1...0,12с; ВЛ 110-220 кВ 0,15...0,3с; ВЛ 6-10кВ 1,5...3с.

Чувствительность – для реагирования на отклонения от нормального режима.



Резервирование следующего участка – важное требование. Если защита по принципу своего действия не работает за пределами основной зоны, ставят специальную резервную защиту.

Чувствительность защиты должна быть такой, чтобы она действовала при КЗ в конце установленной зоны действия в минимальном режиме системы.

Чувствительность защиты характеризуется коэффициентом чувствительности $k_{\text{ч}}$

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з}}}$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток КЗ,

$I_{\text{с.з}}$ – ток срабатывания защиты.

Надежность - Защита должна безотказно работать при КЗ в пределах установленной для неё зоны и не должна ложно срабатывать в режимах, при которых её работа не предусматривается.

Элементы защиты

Пусковые органы – непосредственно и непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого оборудования и реагируют на возникновение КЗ и нарушение нормального режима работы.

Это различные *реле* – автоматические устройства, срабатывающие при определенном значении воздействующей на него величины.

Логические органы – воспринимают команды пусковых органов и в зависимости от их сочетания, по заданной программе производят заранее предусмотренные операции.

Реле также подразделяются на *основные* и *вспомогательные*.

Типы основных реле: тока;

напряжения;

сопротивления;

мощности (определяющие величину и направление (знак)).

Реле бывают *максимальными* – действующие при возрастании контролируемой величины, и *минимальными* – при снижении этой величины.

Специальные реле: частоты;

тепловые.

Типы вспомогательных реле: времени;

указательные (для сигнализации);

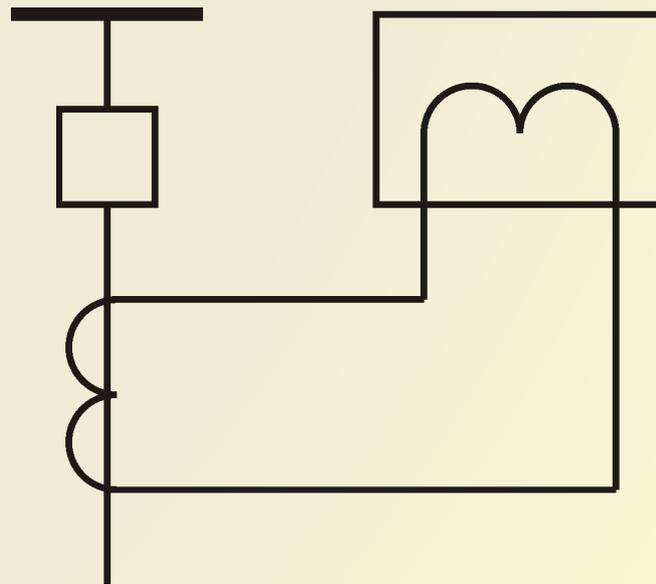
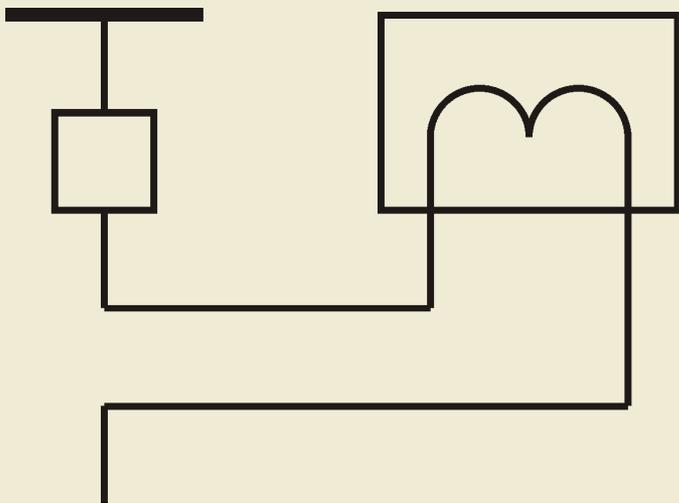
промежуточные (передающие действие основных защит на отключение выключателей).

Принципы выполнения устройств релейной защиты

Различают два способа включения реле на ток и напряжение сети.

Первичные реле – включены непосредственно (рис.1).

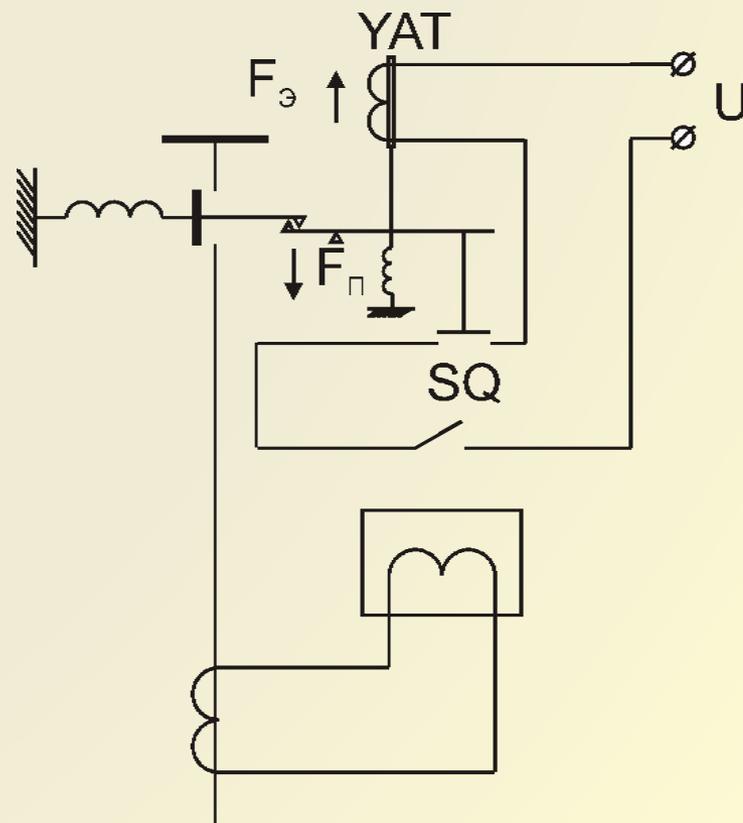
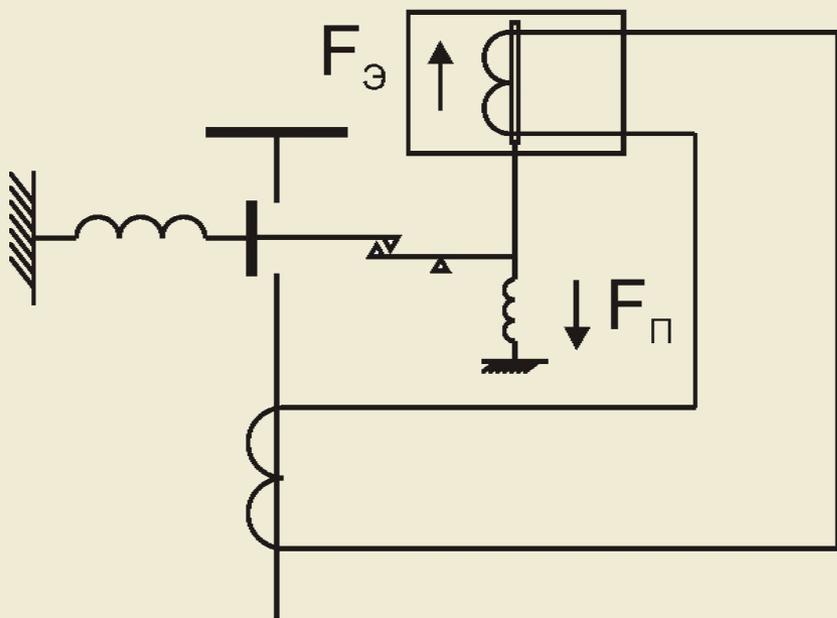
Вторичные реле – через измерительные трансформаторы тока и напряжения (рис.2)



Различают два способа воздействия защит на выключатель: *прямой* и *косвенный*.

Прямой – защите не требуется оперативный ток, однако реле должны развивать большие усилия, поэтому не могут быть очень точными

Косвенный – отличаются большой точностью. Проще осуществляется взаимодействие между реле. Однако для реле косвенного действия необходим источник оперативного тока

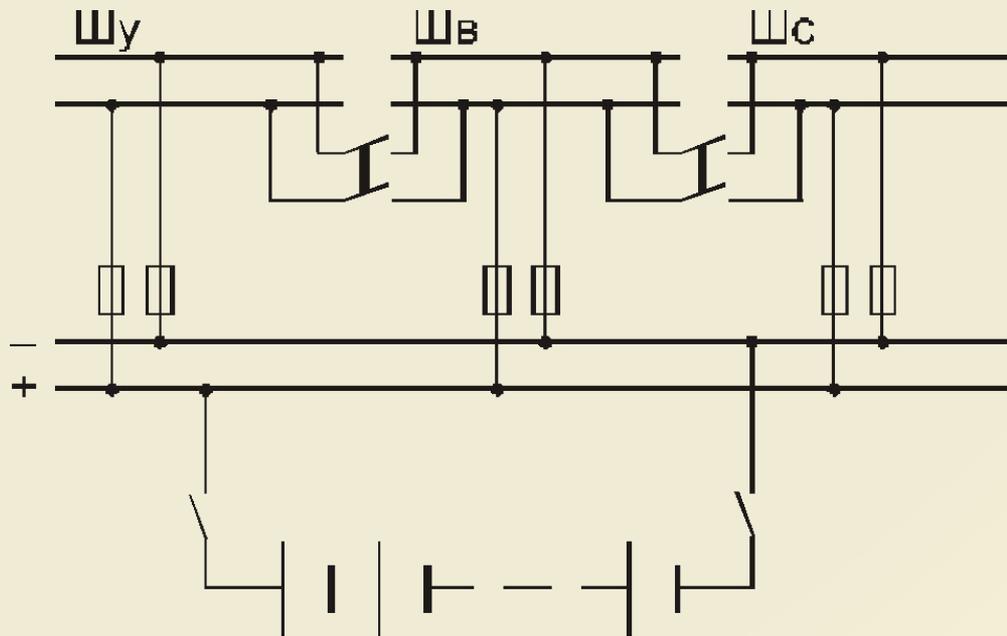


Источники оперативного тока

Оперативный ток – питает цепи дистанционного управления выключателями, оперативные цепи релейной защиты, автоматики.

Постоянный оперативный ток

Источниками данного тока являются аккумуляторные батареи напряжением 110...220 В



Шу - шинки управления.
РЗ и А и катушки
отключения

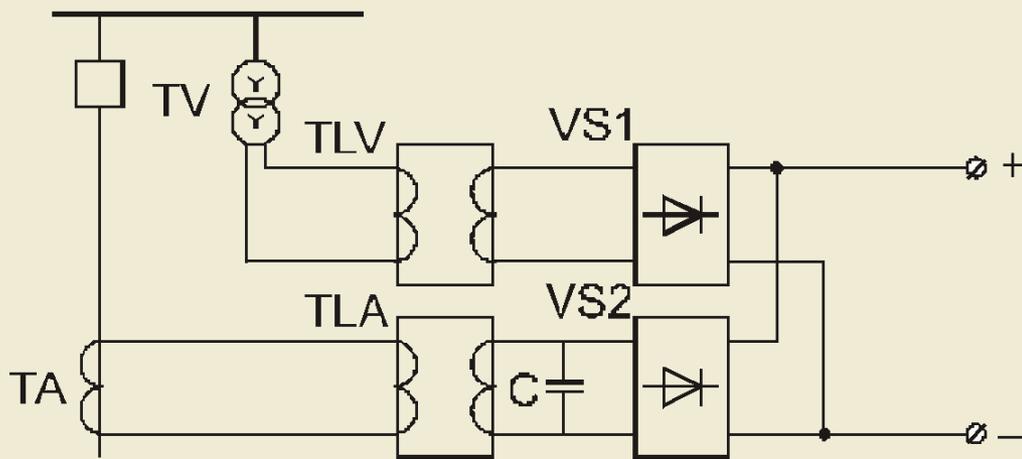
Шв - шинки катушек
включения (400 - 500 А),
может быть несколько секций

Шс - шинки сигнализации

Переменный оперативный ток

Источниками служат измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд, подключаемые на ток и напряжение самой сети.

Чаще всего используется комбинированное питание от трансформаторов тока и напряжения. Принципиальная схема блоков питания типов БПТ представлена ниже



TLV, TLA – промежуточные насыщающиеся трансформаторы напряжения и тока

VS1, VS2 – выпрямительные мосты

C – конденсатор для сглаживания кривой вторичного напряжения