

## 107 Релейная защита и автоматика

**Релейная защита и автоматика (РЗА)** — комплекс устройств, предназначенных для быстрого, автоматического (при повреждениях) выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы всей системы.

Электрическая энергия должна подаваться городским промышленным, коммунальным и бытовым потребителям бесперебойно. Даже самые кратковременные перебои в её подаче дезорганизуют работу предприятий, нанося большой материальный ущерб. В городских электрических сетях и на подстанциях в процессе их эксплуатации могут возникать различные повреждения и ненормальные режимы. Наиболее опасные возникают при коротких замыканиях (КЗ) из-за пробоя изоляции и обрыва проводов.

Применение устройств РЗА позволяет быстро отключить повреждённый участок от источника питания или ввести в работу резервное электрооборудование (силовой трансформатор, линию резервного питания и т.п.) и этим самым обеспечить сохранность оборудования и бесперебойное снабжение потребителей.

Устройства РЗА электроустановок представляют собой сочетание двух самостоятельных по своему назначению и тесно связанных между собой устройств: 1) релейной защиты; 2) автоматики.

**Релейной защитой** называют устройство, состоящее из одного или нескольких приборов (реле), контролирующих исправное состояние электроустановки или отдельных её элементов (ЛЭП, ТП, РП) и при появлении в них каких-либо повреждений или ненормальных режимов автоматически обеспечивающие подачу сигналов об этом или воздействующие на отключающие аппараты электрической установки.

**Автоматика** в электрических сетях и на ТП тесно связана с релейной защитой и служит для восстановления нормального режима работы электроустановок и обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии путём автоматического повторного включения (АПВ) или автоматического включения резерва (АВР) линии электропередач (ЛЭП) и силовых трансформаторов.

Устройства АПВ по повторности действия (кратности циклов) бывают: **однократные** – включающие повторно линию или трансформатор только один раз; **многократные** – включающие оборудование повторно два или три раза через определённые промежутки времени.

По способу воздействия на выключатель АПВ делятся на механические и электрические. **Механические АПВ** представляют собой устройства, позволяющие включение выключателя при помощи имеющейся в приводе пружины или груза. Они наиболее широко применяются в электросетевых ТП без дежурного персонала. **Электрические устройства АПВ** представляют собой релейные схемы и применяются для повторного включения линий и трансформаторов, имеющих выключатели с дистанционным включением.

**Устройства АВР** служат для обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии потребителям путём автоматического включения резервных линий питания или резервных силовых трансформаторов

Действия средств релейной защиты организованы по принципу непрерывной оценки технического состояния отдельных контролируемых элементов электроэнергетических систем. Релейная защита (РЗ) осуществляет непрерывный контроль состояния всех элементов электроэнергетической системы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов. При возникновении повреждений РЗ должна выявить повреждённый участок и отключить его от ЭЭС, воздействуя на специальные силовые выключатели, предназначенные для размыкания токов повреждения (короткого замыкания).

Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная работа энергосистем.

Современные устройства защиты могут строиться на схеме, включающей в себя программируемый (микро)контроллер.

### **Основные виды защит**

- Дифференциальная защита
- Дуговая защита
- Максимальная токовая защита

- Токовая отсечка
- Защита минимального напряжения
- Дистанционная защита
- Дифференциально-фазная (высокочастотная) защита

## Основные свойства релейной защиты

### Селективность (избирательность)

Селективность — свойство релейной защиты, характеризующее способность выявлять именно повреждённый элемент электроэнергетической системы и отключать этот элемент от исправной части электроэнергетической системы (ЭЭС). Защита может иметь абсолютную или относительную селективность. Защиты с абсолютной селективностью действуют принципиально только при повреждениях в их зоне. Защиты с относительной селективностью могут действовать при повреждениях не только в своей, но и в соседней зоне. А селективность отключения поврежденного элемента ЭЭС при этом обеспечивается дополнительными средствами (например, выдержкой времени срабатывания).

### Быстродействие

Быстродействие — это свойство релейной защиты, характеризующее скорость выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов. Показателем быстродействия является время срабатывания защиты — это интервал времени от момента возникновения повреждения до момента отделения от сети повреждённого элемента. Современные быстродействующие устройства РЗА срабатывают за время 0,04—0,1 с и отключают повреждённые участки в течение 0,06—0,24 с.

### Чувствительность

Чувствительность — это свойство, характеризующее способность релейной защиты выявлять повреждения в конце установленной для неё зоны действия в минимальном режиме работы энергосистемы. Другими словами — это способность чувствовать те виды повреждений и ненормальных режимов, на которые она рассчитана, в любых состояниях работы защищаемой электрической системы. Показателем чувствительности выступает

коэффициент чувствительности, который для максимальных защит (реагирующих на возрастание контролируемой величины) определяется как отношение минимально возможного значения сигнала, соответствующего отслеживаемому повреждению, к установленному на защите параметру срабатывания (уставке).

## Надёжность

Надёжность — это свойство, характеризующее способность релейной защиты действовать правильно и безотказно во всех режимах контролируемого объекта при всех видах повреждений и ненормальных режимах, при которых данная защита предназначена, и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима, при которых действие данной защиты не предусмотрено. Иными словами, надёжность — это свойство релейной защиты, характеризующее её способность выполнять свои функции в любых условиях эксплуатации. Основные показатели надёжности — время безотказной работы и интенсивность отказов (количество отказов за единицу времени).

## Источники оперативного тока

**Оперативным током** называют ток, который в устройствах РЗА служит для питания обмоток вспомогательных реле, а также включающих и отключающих электромагнитов приводов выключателей. Питание цепей РЗА может осуществляться на оперативном переменном или на оперативном постоянном токе.

Источниками **оперативного переменного тока** являются трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и силовые трансформаторы электроустановки, а также могут быть и предварительно заряженные конденсаторы, питающиеся от зарядного устройства, подключённого к сети переменного тока. В ряде случаев источником питания цепей РЗА могут служить выпрямительные устройства, питающиеся от сети переменного тока.

Источником **оперативного постоянного тока** служат аккумуляторные батареи. Они являются более надёжными источниками энергии, так как способны обеспечить питание оперативных цепей РЗА в любой момент времени с необходимым значением мощности и напряжения независимо от состояния электрической сети и даже при полном отсутствии напряжения в линии и на линиях ТП.

Однако аккумуляторные батареи дороги, требуют большого количества кабелей для выполнения распределительной сети постоянного тока и для их зарядки необходимо иметь специальные зарядные устройства. Эксплуатация аккумуляторных батарей и зарядных устройств требует наличия специальных помещений и квалифицированного персонала.

Устройства РЗА на оперативном переменном токе значительно проще и дешевле, достаточно надёжны и поэтому получили преимущественное распространение в городских электросетях и ТП.

## **Основные органы релейной защиты**

### **Пусковые органы**

Пусковые органы непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого участка цепи и реагируют на возникновение коротких замыканий и нарушения нормального режима работы. Выполняются обычно с помощью реле тока, напряжения, мощности и др.

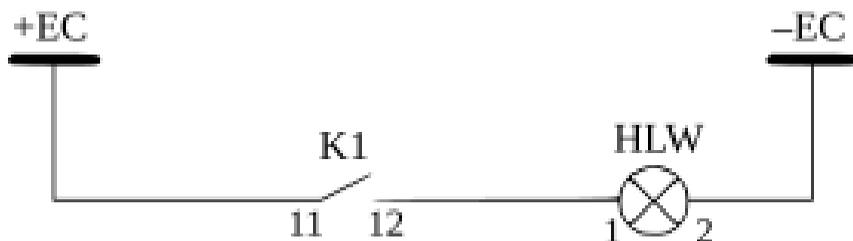
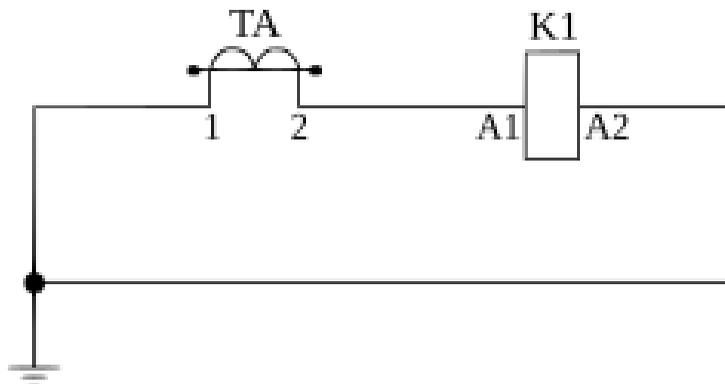
### **Измерительные органы**

Измерительные органы определяют место и характер повреждения и принимают решения о необходимости действия защиты. Измерительные органы также выполняются с помощью реле тока, напряжения, мощности и др. Функции пускового и измерительного органа могут быть объединены в одном органе.

### **Логическая часть**

Логическая часть — это схема, которая запускается пусковыми органами и, анализируя действия измерительных органов, производит предусмотренные действия (отключение выключателей, запуск других устройств, подача сигналов и пр.). Логическая часть состоит, в основном, из элементов времени (таймеров), логических элементов, промежуточных и указательных реле, дискретных входов и аналоговых выходов микропроцессорных устройств защиты.

## Пример логической части релейной защиты



Катушка реле тока **K1** (контакты A1 и A2) включена последовательно со вторичной обмоткой трансформатора тока **TA**. При коротком замыкании, на участке цепи, в котором установлен трансформатор тока, возрастает сила тока, и пропорционально ей возрастает сила тока во вторичной цепи трансформатора тока. При достижении силой тока значения уставки реле **K1**, оно сработает и замкнёт рабочие контакты (11 и 12). Цепь между шинами **+EC** и **-EC** замкнётся, и запитает сигнальную лампу **HLW**.

Данная схема приведена как простой пример. В эксплуатации используются более сложные логические схемы.