

# **ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС**

## **Лекция 1. Введение**

Цель курса – изложение материалов для понимания назначения релейной защиты (РЗ), изучение современных принципов построения РЗ, применение методов и средств РЗ в различных практических областях.

Задачи курса – расширение представлений о возможностях РЗ; закрепление и конкретизация теоретического материала, касающегося принципов действия и устройства РЗ, их основных свойств, методики применения; получение навыков расчета параметров электрических сетей необходимых для настройки РЗ; правильного выбора методов и средств РЗ; оценка эффективности и надежности выбранной РЗ.

При эксплуатации энергетического оборудования и электрических сетей неизбежны их повреждения и ненормальные режимы. Наиболее опасными являются короткие замыкания, повреждения изоляции и перегрузки. При КЗ к месту повреждения подходят большие токи (токи КЗ), измеряемые тысячами ампер, которые перегревают неповрежденные токоведущие части и могут вызвать дополнительные повреждения, т. е. развитие аварии. В большинстве случаев развитие аварий может быть предотвращено быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, действующих на отключение выключателей, и получивших название релейная защита.

При отключении выключателей поврежденного элемента гаснет электрическая дуга в месте КЗ, прекращается прохождение тока КЗ и восстанавливается нормальное напряжение на неповрежденной части электрической установки или сети. Благодаря этому минимизируются, или даже совсем предотвращаются повреждения оборудования, на котором возникло КЗ, а также восстанавливается нормальная работа неповрежденного оборудования.

Таким образом, основным назначением релейной защиты является выявление места возникновения КЗ и быстрое автоматическое отключение выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети

Кроме повреждений электрического оборудования могут возникать такие нарушения нормальных режимов работы, как перегрузка, замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью, выделение газа в результате разложения масла в трансформаторе, или понижение уровня масла в его расширителе и др.

В указанных случаях нет необходимости немедленного отключения оборудования, так как эти явления не представляют непосредственной опасности для оборудования и могут самоустраниться. Поэтому при нарушении нормального режима работы на подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом, как правило, достаточно дать предупредительный сигнал персоналу подстанции. На подстанциях без постоянного обслуживающего персонала и в отдельных случаях на подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом производится отключение оборудования, но обязательно

с выдержкой времени

Таким образом, вторым назначением релейной защиты является выявление нарушений нормальных режимов работы оборудования, которые могут привести к аварии, и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу, или отключение оборудования с выдержкой времени. Согласно требованиям ПТЭ, силовое оборудование электростанций, подстанций и электрических сетей должно быть защищено от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов работы устройствами релейной защиты. Устройства РЗ должны быть постоянно включены, кроме устройств, которые должны выводиться из работы в соответствии с назначением и принципом действия, режимом работы энергосистемы и условиями селективности. Устройства аварийной и предупредительной сигнализации должны быть всегда готовы к действию. Свое название релейная защита получила от названия основного элемента схем защиты – реле.

## Краткая историческая справка по истории развития релейной защиты.

- Для защиты оборудования от КЗ еще в конце XIX века применялись плавкие предохранители.
- В 1901 году появляются индукционные реле тока.
- В 1905-1908 гг. разрабатывается дифференциальный токовый принцип.
- В начале 20-х годов были выпущены первые дистанционные защиты.
- В 1923-1928 гг. предпринимаются первые шаги по использованию для защиты электроники, в частности токов высокой частоты, передаваемых по проводам защищаемой линии.
- В 1932 году была разработана дистанционная защита на электронных лампах.
- В 70-е годы началось широкое применение для нужд РЗ электронных устройств. (УПЗ-70, МТЗ-М, БАУРПН, ЭПЗ-1636, ФИП-1, ФИП-2, АРТ-1Н, ТЗВР, КРЗА и многие другие).
- В 80-е годы началось применение устройств РЗА на интегральных микросхемах (ЯРЭ, ПДЭ, ШДЭ, ЛИФП, ФИС, АВЗК, АК-80, АНКА, АВПА, ПВЗ и многие другие).

В настоящее время мы переживаем настоящую техническую революцию, связанную с приходом нового поколения устройств РЗ – микроэлектронной и микропроцессорной техники.

*Основные виды релейной защиты:*

- Максимальная токовая защита (МТЗ).
- Направленная максимальная токовая защита.
- Газовая защита (ГЗ).
- Дифференциальная защита.
- Дистанционная защита (ДЗ).
- Дифференциально-фазная (высокочастотная) защита (ДФЗ).

Принцип действия и устройство отдельных защит будут рассмотрены далее.

*Основные требования, предъявляемые к релейной защите:*

1. быстродействие;
2. селективность;
3. чувствительность;
4. надежность.

*Быстродействие* – это свойство релейной защиты отключать повреждение с минимально возможной выдержкой времени. Как уже указывалось, быстрое отключение поврежденного оборудования или участка электрической установки предотвращает или уменьшает размеры повреждений, сохраняет нормальную работу потребителей неповрежденной части установки, предотвращает нарушение параллельной работы генераторов. Длительное протекание тока короткого замыкания может привести к повреждению неповрежденных участков оборудования, линий, трансформаторов по которым протекает ток короткого замыкания из-за термического перегрева оборудования.

*Селективностью* называется способность релейной защиты выявлять место повреждения и отключать его только ближайшими к нему выключателями (см. рисунок 1.1).

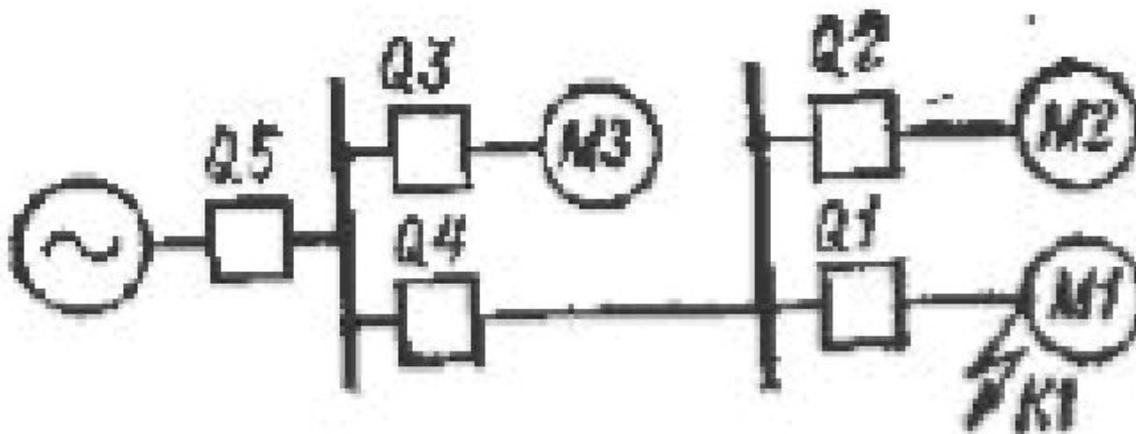


Рисунок 1.1- Схема электроустановки к пояснению принципа селективности релейной защиты

Так, при КЗ в точке К1 для правильной ликвидации аварии должна подействовать защита только на выключателе Q1 и отключить этот выключатель. При этом остальная неповрежденная часть электрической установки останется в работе.

Такое избирательное действие защиты называется селективным. Если же при КЗ в точке К1 раньше защиты выключателя Q1 или одновременно с ней подействует защита выключателя Q4 и отключит этот выключатель, то ликвидация аварии будет неправильной, так как, кроме поврежденного электродвигателя М1, останется без напряжения неповрежденный электродвигатель М2. Такое действие защиты называется неселективным. Из рисунка 1.1 видно, что если при КЗ в точке К1 подействует неправильно защита выключателя Q5 и отключит этот выключатель, то последствия такого неселективного действия будут еще более тяжелыми, так как без напряжения останутся оба неповрежденных электродвигателя М2 и М3

Рассмотренный пример показывает, какое важное значение имеет выполнение требования селективности для обеспечения правильной ликвидации аварий. В ряде случаев одновременное выполнение требований селективности и быстродействия вызывает серьезные трудности и требует существенного усложнения защиты. В таких случаях в первую очередь обеспечивается выполнение того из требований, которое в данных конкретных условиях является определяющим. По принципу действия защиты могут иметь абсолютную селективность (могут сработать только при КЗ в защищаемой зоне) или относительную селективность (могут работать в качестве резервных при КЗ на смежных участках). Примером защит с абсолютной селективностью могут служить газовая (ГЗ) и дифференциальная защиты трансформатора (ДЗТ), а защит с относительной селективностью - максимальная токовая защита (МТЗ). Применяется несколько способов

*Селективность по принципу действия.* Защита принципиально не срабатывает при коротком замыкании вне зоны действия, например зона действия дифференциальной защиты ограничивается местом установки ее трансформаторов тока. *Селективность по чувствительности.* Ток, напряжение или сопротивление срабатывания выбирается таким образом, чтобы защита не действовала при коротком замыкании на смежной линии, или за трансформатором – токовая отсечка.

*Селективность по времени:* Выдержка времени каждой предшествующей защиты (например, максимальной токовой защиты) выбирается на ступень селективности больше чем последующая. Поэтому она не успевает сработать, так как ее опережает защита последующей линии при коротком замыкании на ней. Этот принцип наиболее прост, однако имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что выдержка времени растет по мере приближения к источнику питания, а значит возрастания тока. Это противоречит принципу быстрогодействия, поэтому приходится выбирать, какой принцип – быстрогодействие или селективность важнее.

Значительно улучшает положение применение ступенчатых защит или защит с зависимой выдержкой времени. Использование ступенчатых защит будет изложено при рассмотрении принципов выполнения защиты оборудования. Величина ступени селективности определяется точностью защиты, быстродействием примененного выключателя и для современных микроэлектронных или микропроцессорных защит составляет 0,2-0,3с.

*Чувствительность* – это свойство защиты надежно срабатывать при КЗ в конце защищаемого участка в минимальном режиме работы системы. Защита должна обладать такой чувствительностью к тем видам повреждений и нарушений нормального режима работы в данной электрической установке или электрической сети, на которые она рассчитана, чтобы было обеспечено ее действие в начале возникновения повреждения, чем сокращаются размеры повреждения оборудования в месте КЗ. Чувствительность защиты должна также обеспечивать ее действие при повреждениях на смежных участках. Так, например, если при повреждении в точке К1 (рисунок 1.1) по какой-либо причине не отключится выключатель Q1, то должна подействовать защита следующего к источнику питания выключателя Q4 и отключить этот выключатель. Такое действие защиты называется дальним резервированием смежного или следующего участка. Чувствительность защиты оценивается коэффициентом чувствительности, определяемым как отношение минимального значения контролируемой величины при КЗ в конце защищаемого участка к уставке защиты. ( $K_{ч} > 1$ ). Коэффициенты чувствительности нормируются в ПУЭ, и величина их составляет для КЗ в защищаемой зоне  $K_{ч}=1.5$ , в зоне резервирования- $K_{ч}=1.2$ , для быстродействующих дифференциальных защит  $K_{ч}=2$ . Ток срабатывания защиты должен быть меньше тока короткого замыкания на величину определяемую коэффициентом чувствительности ( $K_{ч}$ ). Уставка по напряжению и сопротивлению должна быть больше параметров напряжения и сопротивления срабатывания на такую же величину. Коэффициент чувствительности учитывает погрешности реле, расчета параметров, влияние переходного сопротивления и электрической дуги в месте КЗ.

*Надежность* – это свойство защиты гарантированно выполнять свои функции на протяжении всего периода эксплуатации. Защита должна правильно и безотказно действовать на отключение выключателей оборудования при всех его повреждениях и нарушениях нормального режима работы, для действия при которых она предназначена, и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима работы, при которых действие данной защиты не предусмотрено, и должна действовать другая защита.

Требование надежности обеспечивается совершенством принципов защиты и конструкций аппаратуры, добротностью деталей, простотой выполнения, а также уровнем эксплуатации. Требуемое состояние устройств защиты поддерживается плановыми проверками релейной защиты, при которых необходимо выявить и устранить возникшие дефекты. У современных микропроцессорных и микроэлектронных устройств защиты существуют встроенные системы автоматической и тестовой проверки, которые позволяют быстро выявить появившиеся неисправности и тем самым предотвратить отказ или неправильную работу защиты. Глубина таких проверок может быть большой, но не 100%.

Поэтому наличие тестовых проверок или автоматического контроля не исключает необходимости плановых проверок, но существенно уменьшают частоту и объем их проведения. Для дальнейшего повышения надежности применяют принципы ближнего или дальнего резервирования. Ближнее резервирование обеспечивается установкой на данном присоединении второй, резервной защиты, а для резервирования отказа выключателя — специального устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ). При дальнем резервировании отказ защиты и выключателя резервируется резервной защитой на вышестоящем, предшествующем элементе. Дальнее резервирование обеспечить в ряде случаев принципиально сложно, а то и невозможно. Поэтому ПУЭ допускает отказ от дальнего резервирования защитами линий, питаемых от них отпаечных трансформаторов, а также защитой вводов фидера, отходящие от шин НН, СН подстанций.

При отсутствии такого резервирования, последствия отказа нерезервируемых защит очень тяжелы: это выгорание секций шин и трансформаторов на питающих подстанциях, выгорание отходящей линии на большом протяжении. Поэтому следует стремиться к применению дополнительных средств ближнего и дальнего резервирования, и отказываться от него только при полной технической невозможности.

*Основные органы релейной защиты.* Устройства релейной защиты состоят, как правило, из таких основных частей:

- пусковых органов;
- измерительных органов;
- логической части;
- исполнительной части;
- передающей части.

Пусковые органы непосредственно и непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого оборудования и реагируют на возникновение КЗ и нарушения нормального режима работы. Пусковые органы выполняются с помощью реле тока, напряжения, мощности и др.

На измерительные органы возлагается задача определения места и характера повреждения и принятие 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 представляет собой схему, которая запускается пусковыми органами и, сопоставляя последовательность и продолжительность действия измерительных органов, производит отключение выключателей мгновенно или с выдержкой времени, запускает другие устройства, подает сигналы и производит прочие предусмотренные действия. Логическая часть состоит в основном из элементов времени (таймеров), логических элементов, промежуточных и указательных реле. В аналоговых и микропроцессорных устройствах к ним добавляются дискретные входы и индикаторные светодиоды.

Исполнительная часть выполняет действие на отключение (включение) выключателей, или других внешних устройств. Передающая часть используется в некоторых видах защит.