

## ПОСТРОЕНИЕ СЕЛЕКТИВНЫХ ЗАЩИТ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ

Калинин В.В., канд. техн. наук, доц.,  
Чупайленко А.А. канд. техн. наук, доц., Лавшенок А.В. асс.,  
Донецкий государственный технический университет

*Разработаны основные принципы построения селективных защит от однофазных замыканий на землю.*

*The philosophys of construction of selective protection from single-phase ground faults are designed.*

Длительное существование однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в системах электроснабжения шахт сопряжено с рядом опасностей, которые могут привести к взрыву, пожару, поражению человека электрическим током, переходу однофазных замыканий в многоместные. Поэтому в соответствии с Правилами безопасности [1] необходимо применять защиты от однофазных замыканий на землю. Существующие защиты от однофазных замыканий на землю отличаются рядом недостатков связанных с их неустойчивой и неселективной работой. Поэтому задача разработки эффективных защит с функциями поперечной и продольной селективности остается актуальной [2,3].

Известные схемы защиты от ОЗЗ строятся на основе контроля параметров нулевой последовательности в защищаемой сети либо с использованием наложенных токов промышленной частоты [3]. Для построения селективных защит первый способ является наиболее перспективным, поскольку он позволяет непосредственно контролировать процессы в сети и является более информативным по сравнению с использованием наложенных токов.

Одним из важнейших требований к защитам от однофазных замыканий является обеспечение высокой степени селективности. Под селективностью понимается способность защиты отключать только поврежденные участки сети, оставляя в работе неповрежденные.

При возникновении аварийной ситуации устройство защиты должно идентифицировать поврежденный участок сети. При этом, в качестве входных, используются сигналы от фильтров напряжения и тока нулевой последовательности. Для определения поврежденного участка сети применяются различные методы обработки сигналов от

фильтров нулевой последовательности. Известные устройства защиты устойчиво работают при синусоидальном характере сигналов на выходе фильтров тока и напряжения нулевой последовательности. Однако в большинстве случаев, при возникновении однофазных замыканий на землю сигналы на выходе фильтров тока и напряжения нулевой последовательности характеризуются высоким уровнем гармоник, а также непериодических составляющих [4]. Это оказывает неблагоприятное воздействие на функционирование схем защит.

Современные устройства защиты основаны на контроле и сопоставлении выходных сигналов фильтров тока и напряжения нулевой последовательности (например: контроль направления мощности нулевой последовательности в направленных защитах).

Такой подход не всегда оправдывает себя, особенно при возникновении однофазных замыканий или помех с высоким уровнем гармоник либо единичных импульсов. Это связано с тем, что применяемые в схемах устройств защиты от однофазных замыканий на землю фильтры тока и напряжения нулевой последовательности характеризуются разными динамическими свойствами, поэтому непосредственное сопоставление выходных сигналов фильтров нулевой последовательности для входных сигналов произвольной формы приводит к неустойчивой работе схем защиты.

Для повышения устойчивости схем защиты от однофазных замыканий на основе контроля параметров нулевой последовательности существуют следующие способы:

- применение фильтров, для отстройки от импульсных и гармонических составляющих на выходе фильтров напряжения и тока нулевой последовательности;
- применение решений для коррекции сигналов на выходе фильтров нулевой последовательности для устранения последствий оказываемых различием динамических свойств фильтров.

Применение фильтров различных типов не позволяет в полной мере устранить недостатки схем защит. В большинстве случаев токи однофазного замыкания содержат в себе импульсные и гармонические составляющие, превосходящие по уровню сигнал основной гармоники и их необходимо контролировать, поскольку они несут информацию о возникновении и развитии аварии [4]. В связи с этим наиболее совершенные селективные устройства защиты от однофазных замыканий на землю осуществляют коррекцию сигналов на вы-

ходе фильтра напряжения нулевой последовательности. Устройство защиты функционирует на основании сопоставления скорректированного сигнала с сигналом на выходе фильтра тока нулевой последовательности. Примером такой защиты является реле защиты типа РЗД. Корректировка сигналов на выходе фильтров нулевой последовательности в известных защитах позволяет обеспечить эффективность применяемых принципов построения при произвольной форме кривой тока однофазного замыкания либо помехи.

В конечном итоге устройство защиты должно реагировать на ток однофазного замыкания в зоне действия защиты, причем необходимо анализировать не только абсолютную величину мгновенных значений тока однофазного замыкания, но и характер его изменения во времени. То есть состояние устройства защиты можно описать следующим выражением.

$$A(t) = f(i_{033}(t), i_{033}(t - \Delta t), \dots, i_{033}(0)), \quad (1)$$

где:  $A(t)$  – булева функция, характеризующая состояние устройства защиты в произвольный момент времени;

$i_{033}(t)$  – ток однофазного замыкания на землю в зоне действия защиты в момент измерения;

$i_{033}(t - \Delta t), \dots, i_{033}(0)$  – токи однофазного замыкания в моменты времени предшествующие времени измерения;

Учет тока однофазного замыкания в предшествующие моменты времени позволит повысить эффективность идентификации поврежденного участка защищаемой сети. Что достигается за счет контроля процесса возникновения и развития аварийных режимов.

Выходные сигналы фильтров напряжения и тока нулевой последовательности включают в себя полезный сигнал и сигнал помехи. Причем полезный сигнал определяется исключительно величиной и формой кривой тока однофазного замыкания на землю в зоне действия защиты.

К помехам относятся токи однофазных замыканий вне зоны действия защиты, режимы устранения замыканий, смещение нейтрали сети и т.д. [4], при этом уровень сигнала помехи часто сопоставим с полезным сигналом на выходе отдельного фильтра нулевой последовательности. Сигналы помехи распространяются в защищаемой сети по тем же законам, что и полезный сигнал. В связи с этим, устройства защиты от однофазных замыканий на землю необходимо разрабатывать с учетом распределения токов нулевой последовательности

в защищаемой сети. Следует выделить два этапа функционирования защиты:

- определение мгновенных значений тока ОЗЗ в зоне действия защиты;
- на основе обработки этих значений принятие решения об отключении электроэнергии с защищаемого участка сети.

Функционирование такого устройства защиты можно рассматривать при помощи схемы изображенной на рисунке 1.

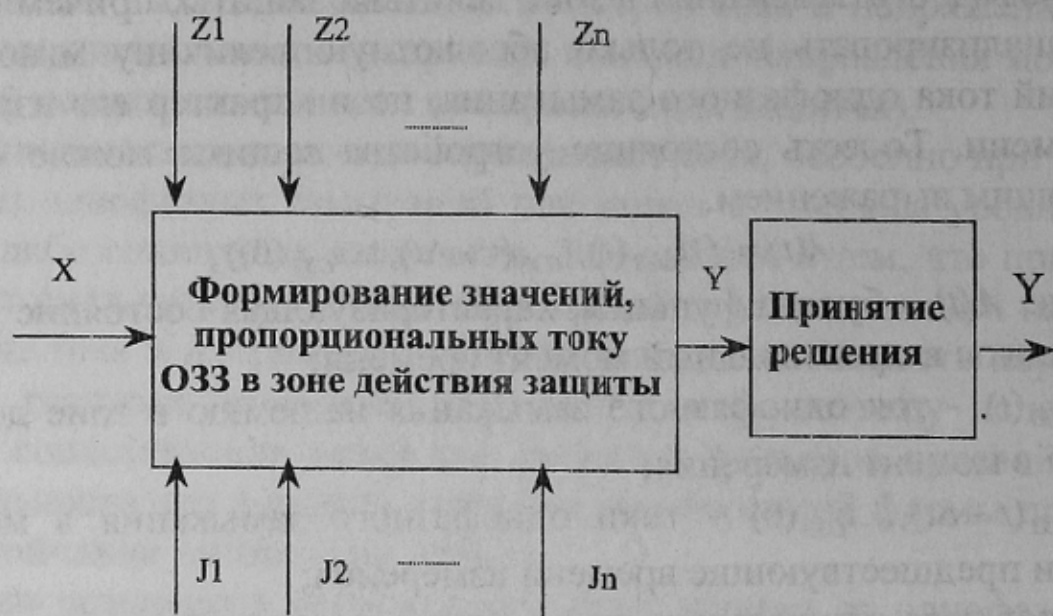


Рисунок 1 – Функционирование селективной защиты от ОЗЗ

где: - X - мгновенное значение тока ОЗЗ, на защищаемом участке электрической сети;

- Y – выходной сигнал измерительной части защиты;
- Y1 – выходной сигнал избирательной защиты от ОЗЗ;
- Zn – внешние помехи;
- J1-Jn – внутренние помехи.

На основании всего вышеизложенного разработаны основные принципы построения устройств защиты от однофазных замыканий на землю:

- устройство защиты должно контролировать величину тока однофазного замыкания в зоне действия защиты;
- необходимо применять мероприятия по отстройке от всех внешних помех;

- для отстройки от помех следует использовать эффективные структурные схемы устройств защиты, построенные с учетом распределения токов нулевой последовательности в защищаемой сети;
- проектировать схему устройства защиты следует с учетом динамических свойств защищаемой сети, и узлов самой схемы защиты;
- для идентификации поврежденного участка, выделенная величина, пропорциональная току однофазного замыкания на землю в зоне действия защиты может быть оценена с использованием нескольких критериев.

Реализация данных подходов на основе современных технических решений позволила создать принципиально новые схемы устройств защиты обладающих не только свойствами поперечной, но и продольной селективности. Применение таких защит существенно повышает эффективность подземного высоковольтного электроснабжения угольных шахт.

Список источников.

3. Правила безпеки у вугільних шахтах. ДНАОП 1.1.30 –1.01 –96: Затв. Держ. комітетом України по нагляду за охороною праці 18.01.96/ Держ. комітет України по нагляду за охороною праці. К., 1996. –421с.
4. Бухтояров В.Ф., Маврицин А.М. Защита от замыканий на землю электроустановок карьеров. М.: Недра, 1986. 184 с.
5. Айдаров Ф.А. Избирательность отключения однофазных замыканий на землю вдоль фидеров подземной сети 6 кВ горных предприятий. / Высоковольтные рудничные аппараты: Сборник научных трудов ВНИИВЭ. Донецк, 1989. – с. 70-77.
6. Щуцкий В.И., Айдаров Ф.А., Савицкий В.Н. Входные сигналы защит подземных сетей 6..10 кВ от однофазных замыканий (утечек) на землю. / Высоковольтные рудничные аппараты: Сборник научных трудов ВНИИВЭ. Донецк, 1989. – с.77-82.