

УДК621.3

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И  
АВТОМАТИКИ В ЗАЩИТЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6–10 КВ**

Шавкун О.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Фурсанов М.И.

На территории Республики Беларусь весьма распространены линии напряжением 6–10 кВ. Они зачастую используются в питающих и распределительных сетях городских и сельских потребителей. В результате перекрытия проводов, проникновения посторонних предметов на токоведущие части, пробоя изоляции в кабельных и воздушных линиях электропередачи 6–10кВ могут возникнуть короткие замыкания. Их различают на однофазные, междуфазные, многофазные на землю.

Надежным средством защиты является применение устройств релейной защиты. Релейная защита налаживает согласованность действий устройств, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, которое достигается за счет параметров срабатывания.

При выборе способа защиты линии важную роль играет режим нейтрали. Обычно в сетях напряжением 6–10 кВ используют изолированную нейтраль или заземленную через дугогасящий реактор (ДГР). В этих сетях предусматривается релейная защита от многофазных и однофазных замыканий.

Защиту от многофазных КЗ в сетях 6–10 кВ сельской местности выполняют в двухфазовом исполнении, где должно соблюдаться условия установки трансформаторов тока на одинаковые фазы (обычно это фазы «А» и «С»). Количество используемых реле зависит от требований чувствительности и надежности. Обычно используется двухрелейное исполнение, реже трехрелейное.

Самым простым и наиболее распространенным вариантом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ). Она обеспечивает защиту линий от многофазных КЗ. Принцип действия довольно прост: защита реагирует на увеличение тока защищаемой линии. Срабатывание происходит, когда аварийный ток достигает значения уставки, тем самым отключая поврежденную линию от энергосистемы.[1] Важно, чтобы ток срабатывания соответствовал условию:

$$I_{\text{нагр.макс}} < I_{\text{сз}} < I_{\text{к.мин.}} \quad (1)$$

где  $I_{\text{нагр.макс}}$  -максимальный ток нагрузки, А.

$I_{\text{сз}}$ -ток срабатывания МТЗ, А.

$I_{\text{к.мин.}}$  -минимальный ток короткого замыкания, А.

МТЗ считается защитой с относительной селективностью. Селективность обеспечивается выдержкой времени по ступенчатому принципу. Чем ближе защита к источнику питания, тем больше время срабатывания. Разность междусмежными защитами — это степень селективности.[2]

Например, при замыкании в точке К1 быстрее всех сработает защита на участке D, а при повреждении в точке К2 — в первую очередь сработает защита на участке с. (рис. 1)

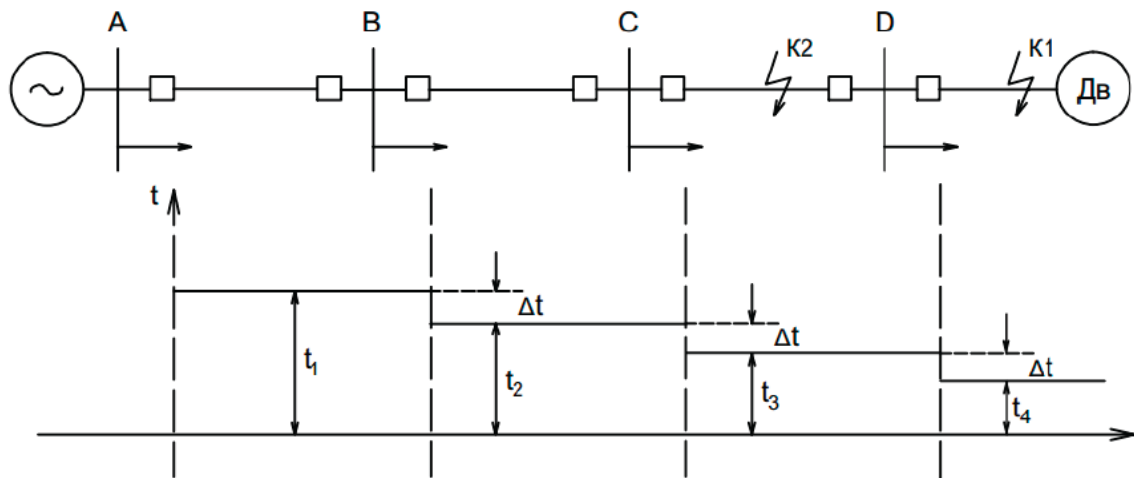


Рисунок 1 – Максимальные токовые защиты в радиальной сети с односторонним питанием.  $t_1, t_2, t_3, t_4$  — время срабатывания защит на участках A, B, C, D соответственно;  $\Delta t$  — ступень селективности.

МТЗ часто применяют вместе с токовой отсечкой (ТО) — двухступенчатая защита. Применяется обычно токовая отсечка без выдержки времени и устанавливается в начале защищаемого участка. Токовая отсечка с выдержкой времени может быть применена в качестве защиты ближнего резервирования, ее уставка по току выбирается из условия охвата шин нижестоящей подстанции, уставка по времени отстраивается от ТО смежной линии.

В одиночных линиях с односторонним питанием первой ступенью служит — токовая отсечка, а второй — максимальная токовая защита с зависимой или независимой выдержкой времени.

Трехступенчатая защита применяется редко. Она состоит из:

- первой ступени — токовой отсечки без выдержки времени.
- второй ступени — токовой отсечки с выдержкой времени.
- третьей ступени — МТЗ.

Первая ступень защиты предназначена для отключения без выдержки времени КЗ в начале защищаемой линии. Вторая ступень с выдержкой времени порядка 0,5 сек. защищает конец линии. Выдержка времени 0,5 сек. необходима для обеспечения селективности с первыми ступенями защит (токовыми отсечками без выдержки времени) следующих линий.[3]

В электрических сетях с двухсторонним питанием и в кольцевых сетях обычные токовые защиты не могут действовать селективно. Например, в электрической сети с двумя источниками питания, где выключатели и защиты установлены с обеих сторон каждой линии, при повреждении в точке К1 (рис. 2) должны выполняться следующие условия выбора выдержки времени срабатывания МТЗ:

$$t_{сз2} < t_{сз3} < t_{сз4} < t_{сз5} < t_{сз6} \tag{2}$$

При КЗ в точке К2:

$$t_{сз1} < t_{сз2} < t_{сз3} \quad \text{и} \quad t_{сз4} < t_{сз25} < t_{сз6} \quad (3)$$

При КЗ в точке К3:

$$t_{сз1} < t_{сз2} < t_{сз3} < t_{сз4} < t_{сз5} \quad (4)$$

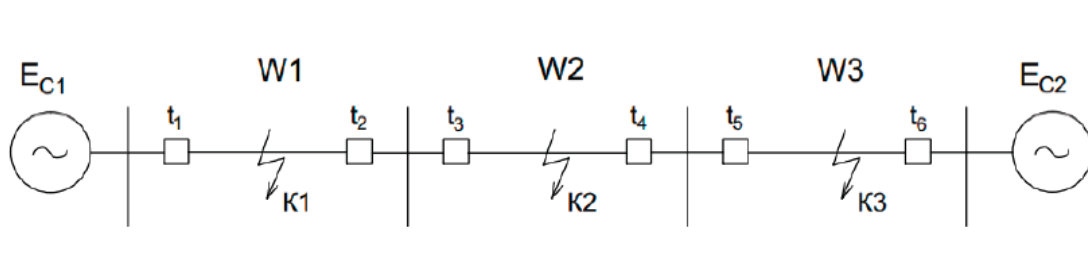


Рисунок 2 – Электрическая сеть с двумя источниками питания

Эти требования противоречивы и не могут быть выполнены

в одной системе защит. Для обеспечения селективного действия токовых защит в этих условиях необходимо использовать дополнительный признак, характеризующий расположение места повреждения относительно защит. В качестве этого признака можно использовать направление мощности в месте установки защиты. Для того чтобы обеспечить селективное действие МТЗ, нужно разрешить действовать только тем защитами, направление мощности короткого замыкания в месте установки, которых — от шин к линии. Тогда выполнять согласование по времени срабатывания необходимо только для тех защит, действие которых разрешено.

Защита часто строится на основе реле направления мощности. Однофазные замыкания, согласно [4] не является аварией. Потребители, которые включены на междуфазные напряжения продолжают нормально работать. Это дает возможность выполнять защиту от замыкания на землю на сигнал. Однако, длительная работа сети при замыкании одной фазы на землю не допустима из-за возможности нарушения междуфазной изоляции в месте повреждения и перехода однофазного замыкания в многофазное. Опасность нарушения изоляции может возникать не только в результате длительности тока при КЗ, но и его величиной. Поэтому уставки защит выбирают таким образом, чтобы они были больше величин токов ОЗЗ. В зависимости от напряжения и вида опор линий токи бывают разные.

Таким образом, допустимые токи на землю обычно меньше рабочих токов защищаемого объекта. В связи с этим используют токовую защиту нулевой последовательности. А именно, линию включают с реле на фильтр тока нулевой последовательности, которая срабатывает при прохождении по поврежденному участку тока нулевой последовательности (рис. 3).

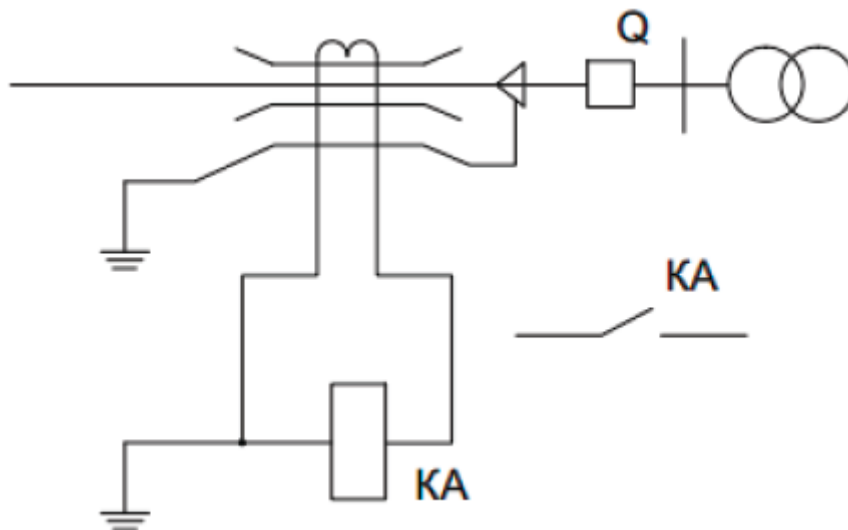


Рисунок 3 – Включение реле на фильтр нулевой последовательности

Если в установившемся режиме собственный емкостный ток линии в сетях с изолированной нейтралью равен току ОЗЗ, то в этом случае применяют направленную защиту нулевой последовательности или устройство сигнализации, показывающее величину и направление тока КЗ.[5]

Еще одной разновидностью защит, применяемых в сетях напряжением 6–10 кВ, является автоматическое повторное включение (АПВ). Ее функцией - включение защищаемой линии при неустоявшихся КЗ. Например, ветка дерева, растущего вблизи ВЛ, может временно коснуться одной фазы линии. Во избежание многократных включений АПВ выполняется на однократное или двукратное включение. На третий раз включение происходит вручную оперативным персоналом.

Помимо приведенных существуют еще множество видов защит, применяемых в данных сетях. Их выбор определяется требованием надежности, режимом работы и разветвленностью.

### Литература

1. Андреев, В.А. — Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение» —3-е изд, перераб. и доп. — М.: Высшая шк., 1991. —496с.
2. Булычев А. В., Наволочный А. А. — Релейная защита распределительных сетей в примерах и задачах с решениями: учеб. пособие — Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 2010. — 202 с.
3. Кожин А. Н. Релейная защита линий 3–10 кВ на переменном оперативном токе. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1971. -134 с.
4. Правила устройства электроустановок. Издание 7-е, 2017.
5. Чернобровов, Н. В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1971. - 624 с.