**Релейная защита электрооборудования ПС 110/10**

Для защиты электрооборудования подстанции применяем новые микропроцессорные терминалы защит «Micom» европейской фирмы «Areva».

1. Защита трансформаторов

Согласно ПУЭ для трансформаторов предусматриваются устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и не нормальных режимов работы:

1. многофазных замыканий в обмотках и на выводах – продольная дифференциальная защита,
2. однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах присоединенных к сети глухо заземленной нейтрали – токовая защита нулевой последовательности,
3. витковых замыканий в обмотках – газовая защита,
4. токов в обмотках обусловленных внешними КЗ,
5. токов в обмотках обусловленных перегрузкой,
6. понижения уровня масло,
7. однофазных замыканий на землю в сетях 10 кВ с изолированной нейтралью.

Использование устройства Micom Р632 для защиты трансформатора позволяет выполнить практически полный набор устройств защиты требуемый ПУЭ для понижающих трансформаторов:

- дифференциальную защиту с характеристиками, близкими к ДЗТ-21;

- максимальную токовую защиту для каждой из трех сторон;

- трехступенчатую токовую защиту нулевой последовательности для двух сторон трансформатора. Как правило, такая защита не используется на понижающих трансформаторах;

- двухступенчатую защиту от перегрузки, имеющую обратнозависимую выдержку времени с характеристикой выдержки времени близкой к тепловой перегрузочной характеристике трансформатора. Применение такой защиты ПУЭ не требует. Требуемая ПУЭ защита от перегрузки, с действием на сигнал, может быть выполнена на одной из ступеней максимальной защиты соответствующей стороны;

- УРОВ.

Ряд внешних защит и сигналов: газовая защита, повышение температуры масла трансформатора, подаются на дискретные входа устройств защит вводов Micom P123 в котором производится их фиксация и обработка.

В качестве токовых реле для пуска устройств автоматики: пуск охлаждения, блокировка РПН, могут быть использованы свободные ступени токовой защиты устройства соответствующей стороны, а также ступени неиспользуемой токовой защиты от замыканий на землю, трансформатор тока которой должен быть переключен на фазный ток.

К устройствам должны быть подведены токовые цепи от трансформаторов тока всех трех (двух) сторон трансформатора соединенные в «звезду». Имеются два отдельные входа для токов нулевой последовательности на стороне ВН и СН, для использования их в защите от замыканий на землю, если такая защита применяется. Выравнивание вторичных токов дифф. защиты по фазе и величине не требуется: группа соединений трансформатора и вторичные токи задаются в качестве уставок устройства.

На устройстве можно выполнить две группы уставок: основные и резервные уставки. Необходимость во второй группе уставок может возникнуть в ремонтных режимах, при изменении направления питания, когда изменяются условия селективности или чувствительности защиты.

Устройство Micom Р632 питается от собственного автомата оперативного тока, отдельного от защиты вводов.

Выбор уставок и характеристик дифференциальной защиты трансформатора

Дифференциальная защита трансформатора использует 2 или 3 комплекта трансформаторов тока, расположенных со всех сторон трансформатора. Выравнивание вторичных токов по величине и по фазе производится защитой расчетным путем, для чего при задании общих характеристик задаются параметры трансформатора и трансформаторов тока. При этом возникает возможность собрать трансформаторы тока со всех сторон в «звезду» что снижает нагрузку вторичных цепей. Ток нулевой последовательности при этом устраняется расчетом, что делает характеристики независимыми от режима нейтрали трансформатора.

Реле имеет тормозную характеристику пропорционального типа (процентное торможение) - ток срабатывания защиты увеличивается пропорционально увеличению тока к.з.. Тормозным током является самый большой ток среди подводимых к реле, по каждой фазе отдельно.



Рисунок 1 – Характеристика дифференциальной защиты Micom P632

На рисунке 1 представлена характеристика дифференциальной защиты (ID – дифф. ток, IR – тормозной ток). Характеристика состоит из нескольких участков.

Начальный участок характеристики ID> заканчивается на расстоянии 0,5Idiff от тока трогания Idiff в точке пересечения с линией начала торможения, на этом участке ток срабатывания не зависит от торможения. В точке пересечения с линией начала торможения характеристика ID> пересекается с первой тормозной характеристикой. Она имеет наклон m1 (коэффициент торможения). Эта характеристика работает при малых токах короткого замыкания, когда погрешность трансформаторов тока невелика. При токах, больших 2,5Iн, начинается вторая тормозная характеристика, которая пересекается с первой и имеет более крутой наклон - m2, учитывая повышенную погрешность трансформаторов тока при больших токах к.з.. И последний участок ID> - это отсечка ID>>, ток срабатывания опять не зависит от тормозного тока.

Блокировка током второй гармоники предназначена для обеспечения отстройки дифф. защиты от броска тока намагничивания при подаче напряжения. Благодаря наличию блокировки, ток срабатывания дифф. защиты может быть выполнен значительно меньшим номинального тока трансформатора.

Блокировка по току пятой гармоники предназначена для предотвращения ложной работы дифф. защиты от повышенного тока намагничивания при перевозбуждении (подачи напряжения на обмотку трансформатора значительно выше номинального).

Выбор уставок Micom Р632

Определяем номинальные токи трансформатора для стороны ВН и НН

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Базисный ток (коэффициент) – отношение номинального тока трансформатора к номинальному току ТА:

Сторона ВН:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Сторона НН:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Уставки, выставляемые на устройстве защиты Micom Р632:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование уставки | Усл. обозн. | Пределы уставки | Шаг уставки | Уставка |
| Номинальная частота | fном | 50,60Гц | - | 50 Гц |
| Номин. втор. ток тр.тока | Iн1=Iн2 | 1, 5А | - | 5 |
| Ном. перв. ток ТА 110кВ | IнТА1 | 10÷10000А | - | 300 |
| Ном. перв. ток ТА 10кВ | IнТА2 | 10÷10000А | - | 3000 |
| Полярность тр. тока | - | Норм., инверс. | - | Норм. |
| Sном стороны 110 кВ тр-ра | РнТ1 | 0,1÷1000 МВА | - | 25 |
| Sном стороны 10 кВ тр-ра | РнТ2 | 0,1÷1000 МВА | - | 25 |
| Uср 110 кВ тр-ра | UнТ1 | 0,1÷500кВ | - | 115 |
| Uср 10 кВ тр-ра | UнТ2 | 0,1÷500кВ | - | 10,5 |
| Группа соединений тр-ра | Группа | - | - | 11 |
| Базисный ток | Ib1 | о.е. | - | 0,420 |
| Базисный ток | Ib2 | о.е. | - | 0,458 |
| **Ниже приведены уставки защиты трансформатора на реле Micom Р632**  **(расчет см. ниже)** | | | | |
| Уставки ДЗТ трансформатора | | | | |
| Уставка по току (1 ступ.) | Id> | 0,15÷1,5 Iн | 0,01 Iн | 0,15 |
| Угол 1 наклона хар-ки | m1 | 20÷50% | 1% | 25% |
| Угол 2 наклона хар-ки | m2 | 40÷100% | 1% | 40% |
| Уставка по току (2 ступ.) | Id>> | 1÷30Iн | 0,1Iн | 2,5 |
| Режим блок. током вт. гарм. | Блок2fн | Вкл/вкл АВС/откл | - | Вкл АВС |
| Блокир. током втор. гармоники | ID(2fн) | 10÷50% | 1% | 12% |
| Режим блок. током пятой гарм. | Блок5fн | Вкл/вкл АВС/откл | - | Откл. |
| Блокир. током пятой гармоники | ID(5fн) | 10÷50% | 1% | - |
| Уставки МТЗ стороны 10 кВ | | | | |
| Уставка по току | I>-2 | 0,1÷25Iн | 0,1Iн | 1,0 |
| Уставка по времени | t>-2 | 0,0÷9,99с | 0,01с | 1,2 |
| Вид характеристики | Вид | - | - | Независ. |
| Уставки МТЗ стороны 110 кВ | | | | |
| Уставка по току | I>-1 | 0,1÷25Iн | 0,1Iн | 1,0 |
| Уставка по времени | t>-1 | 0,0÷9,99с | 0,01с | 1,5 |
| Вид характеристики | Вид | - | - | Независ. |
| Защита от перегрузки | | | | |
| Уставка по току | I>>-1 | 0,1÷25Iн | 0,1Iн | 0,47 |
| Уставка по времени | tстарт>>-1 | 0,0÷9,99с | 0,01с | 5,0 |
| Вид характеристики | Вид | - | - | Независ. |

1.1 Дифференциальная защита трансформатора от всех видов к.з.

Выбирается уставка первой ступени дифференциального тока (начального участка характеристики). Согласно рекомендациям завода-изготовителя она составляет 35% от номинального тока защищаемого трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Вторичный ток срабатывания находим по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Минимальная уставка, которая может быть выполнена на реле, равна 0,15. Принимаем минимальную уставку и получаем, что уставка первой ступени дифференциального тока составляет:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Выбирается угол наклона характеристики (коэффициент торможения) первого участка - находится в зоне малых токов от 0 до 2,5×Iн трансформаторов тока:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где kз – коэффициент запаса, kз =1,2

k/ - погрешность трансформаторов тока, принимается для малых токов k/ = 5%

k// - диапазон регулирования коэффициента трансформации защищаемого трансформатора в %, равный суммарному диапазону сторон, на которых выполняется регулирование k// = 16%

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Принимаем 25% (пределы выставления уставки 20÷50% с шагом 1%).).

Выбирается угол наклона характеристики (коэффициент торможения) второго участка - находится в зоне больших токов:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где kз – коэффициент запаса, kз =1,2

kапер – коэффициент, учитывающий рост погрешности за счет апериодической составляющей. kапер = 1,5.

k/ - погрешность трансформаторов тока, принимается для больших токов k/ = 10%

k// - диапазон регулирования коэффициента трансформации защищаемого трансформатора в %, равный суммарному диапазону сторон, на которых выполняется регулирование k// = 16%

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Принимаем ближайшее возможное значение 40% (пределы выставления уставки 40÷100% с шагом 1%).

Выбирается ток срабатывания второй ступени дифференциального тока (отсечки):

1. по условию отстройки от токов небаланса при внешнем к.з.:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где Iк.мах - ток к.з. за трансформатором (на стороне низкого напряжения) в максимальном режиме, приведенный к высокой стороне, А

kз – коэффициент запаса, kз =1,2

kапер – коэффициент, учитывающий рост погрешности за счет апериодической составляющей. kапер = 3,0.

k/ - погрешность трансформаторов тока, принимается для больших токов k/ = 10%

k// - диапазон регулирования коэффициента трансформации защищаемого трансформатора в %, равный суммарному диапазону сторон, на которых выполняется регулирование k// = 16%

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2. по условию отстройки от броска тока намагничивания:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Выбираем наибольшее из двух значений для выставления на устройстве:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Принимаем 2,5 (пределы выставления уставки 1÷30Iн с шагом 0,1Iн).

Вторичный ток срабатывания находим по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Выбор уставки блокировки защиты током второй гармоники.

Отношение тока блокировки к основному дифференциальному току: В связи с отсутствием методики для выбора принимается установленная заводом уставка:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Может быть отрегулировано в пределах 10÷50% с шагом 1%..

Способ блокировки может быть выбран (ВКЛ): пофазная блокировка, или (ВКЛ АВС): блокировка всех фаз наибольшим током второй гармоники, (ОТКЛ): блокировка отключена.

Используется заводская настройка: БЛОК 2fн = ВКЛ АВС.

Выбор режима блокировки током пятой гармоники.

Способ блокировки может быть выбран (ВКЛ): пофазная блокировка, или (ВКЛ АВС): блокировка всех фаз наибольшим током второй гармоники, (ОТКЛ): блокировка отключена.

На трансформаторах СНГ не требуется: БЛОК 5fн = ОТКЛ.

Проверим чувствительность первой ступени продольной дифференциальной защиты при минимальном токе двухфазного к.з. за трансформатором:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Проверим чувствительность второй ступени продольной дифференциальной защиты при минимальном токе двухфазного к.з. за трансформатором:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты удовлетворяет требованиям ПУЭ.

2 Дифференциальная защита трансформатора от замыканий на землю

На реле Micom P632 можно выполнить дополнительную дифференциальную защиту от замыканий на землю. Дифференциальная защита трансформатора от замыканий на землю использует 2 или 3 комплекта трансформаторов тока, расположенных со всех сторон трансформатора, а также трансформатор тока установленный в нейтрали силового трансформатора. Данная защита имеет большую чувствительность при замыканиях на землю, особенно вблизи нейтрали трансформатора.

Реле имеет тормозную характеристику пропорционального типа (процентное торможение) - ток срабатывания защиты увеличивается пропорционально увеличению тока к.з. (рисунок 2).

Для дифференциальной защиты от замыканий на землю задаются, кроме общих данных, задаваемых в основной дифференциальной защите, ток трогания ID> и ток работы без торможения ID>>>.

Данные уставки задаются без расчета. Рекомендуемые производителем, исходящего из опыта эксплуатации, уставки:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |



Рисунок 2 – Характеристика дифференциальной защиты Micom P632 от замыканий на землю

1.3 Резервные токовые защиты стороны 10 кВ и 110 кВ трансформаторов подстанций и секционного выключателя ВС 10 кВ.

Примем для расчетов, что на каждой из секций шин 10 кВ имеется отходящая линия, имеющая МТЗ с независимой выдержкой времени и уставкой 1000 А / 0,6 сек, с которой должна согласовываться защита секционного выключателя 10 кВ.

Определяем ток срабатывания защиты CВ 10 кВ на реле Micom P123:

1. По условию согласования с защитой предыдущего участка:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где kсогл – коэффициент согласования, kотс =1,1.

Iсз.кл – ток срабатывания защиты отходящей линии.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2. По условию отстройки от максимального тока нагрузки:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где kн – коэффициент надежности, kн =1,2.

kсзп – коэффициент самозапуска электродвигателей, kн =1,3.

kв – коэффициент возврата реле, для реле Micom kв =0,95.

Iраб.нн – расчетный нагрузочный ток одного трансформатора приведенный к стороне НН трансформатора.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Из двух полученных токов выбираем наибольшее: Icз = 1500 А.

Уставка по времени определяется таким образом:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где tсз.кл – время срабатывания защиты отходящей линии.

∆t – ступень селективности, ∆t = 0,3 сек.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты проверяем при двухфазном к.з. в конце отходящей линии от шин 10 кВ трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Чувствительность защиты удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Определяем ток срабатывания резервной защиты стороны 10 кВ трансформатора на реле Micom Р632:

1. По условию согласования с защитой предыдущего участка:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где Iсз.вс – ток срабатывания защиты секционного выключателя.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2. По условию отстройки от максимального тока нагрузки:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где Iраб.нн – расчетный нагрузочный ток одного трансформатора приведенный к стороне НН трансформатора.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Из двух токов выбираем большее: Icз = 3000А / IнТА1=1 (I>-2).

Уставка по времени определяется таким образом:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где tсз.вс – время срабатывания защиты секционного выключателя.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты проверяем при двухфазном к.з. в конце отходящей линии от шин 10 кВ трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Определяем ток срабатывания резервной защиты стороны 110 кВ трансформатора на реле Micom Р632:

1. По условию согласования с защитой предыдущего участка:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где Iсз.нн – ток срабатывания защиты ввода 10 кВ трансформатора.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2. По условию отстройки от максимального тока нагрузки:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где Iраб.вн – расчетный нагрузочный ток одного трансформатора приведенный к стороне ВН трансформатора.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Из двух токов выбираем большее: Icз = 300А / IнТА2=1 (I>-1).

Уставка по времени определяется таким образом:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где tсз.нн – время срабатывания защиты ввода 10 кВ.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты проверяем при двухфазном к.з. за трансформатором подстанции:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Чувствительность защиты удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Выбор уставки защиты от перегрузки.

Защита от перегрузки устанавливается со стороны 110 кВ. При превышении тока нагрузки каждой фазы на стороне 110 кВ уставки срабатывания, с заданной независимой выдержкой времени действует на сигнал, в соответствии с этим действие выполняется через сигнальный выход Micom Р632 (используем вторую ступень резервной токовой защиты стороны 110 кВ устройства защиты Micom Р632).

По условию отстройки от номинального тока трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Где kн – коэффициент надежности, kн =1,05.

Iном.тр – номинальный ток трансформатора, приведенный к высокой стороне трансформатора подстанции.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Выдержка времени должна приниматься большей на ступень всех других защит на ПС. Принимаем время сигнализации 9 сек (tстарт>>-1).

Примечание: Дополнительно устанавливаются по одному устройству резервных защит и управления вводами 110 кВ и 10 кВ трансформатора с уставками аналогичными, которые мы рассчитали для микропроцессорного терминала защит Micom Р632 фирмы Areva.

1.4 Программное обеспечение MiCOM S1 для микропроцессорных терминалов защит фирмы Areva.

Программное обеспечение MiCOM S1 включает в себя шесть прикладных программ. Прикладная программа задания уставок и протоколов, редактор программирования схемной логики и прикладная программа текущего контроля объекта, используя язык связи Courier, обеспечивают интерфейс между пользователем и устройствами защит Micom фирмы Areva.

Текстовый редактор меню общается с устройствами MiCOM через параллельный порт, используя собственный протокол обмена. При обмене с устройством не поддерживаются прикладные программы анализа переходных процессов и архивации переходных процессов.

MiCOM S1 состоит из следующих шести прикладных программ:

- Уставки и протоколы. Дает возможность связываться с устройством, использующим язык связи Courier и отыскивать, создавать, редактировать и вносить уставки, изменять действующие группы уставок и устанавливать дату и время на устройстве. Эта прикладная программа также предусматривает извлечение записей событий и переходных процессов, и может через устройство управлять выключателем присоединения.

- Редактор программирования схемной логики. Дает возможность подключиться к реле серии MiCOM и вносить, исправлять и редактировать графические диаграммы схемной логики.

- Текстовый редактор меню. Дает возможность создавать или редактировать тексты меню и вносить их в реле серии MiCOM, заменяя имеющиеся меню.

- Текущий контроль (мониторинг). Дает возможность связываться с устройством, использующим язык связи Courier и, через заданные пользователем промежутки времени, извлекать измеряемые величины и тестовые данные.

- Анализ переходных процессов. Дает возможность провести анализ изменений в системе, содержащихся в отчетах переходных процессов, записанных в формате COMTRADE, полученных с помощью прикладной программы для уставок и протоколов.

- Архивация переходных процессов. Дает возможность, используя различные условия сортировки и фильтрации, архивировать и отыскивать записи переходных процессов.

Каждое приложение в MiCOM S1, через стандартный инструмент Windows Help, поддерживает полную тематическую справку и контекстно-чувствительную справку.