

Рис. 4. Измеритель сопротивления заземляющих устройств, молниезащиты, проводников присоединения к земле и выравнивания потенциалов марки MRU-101

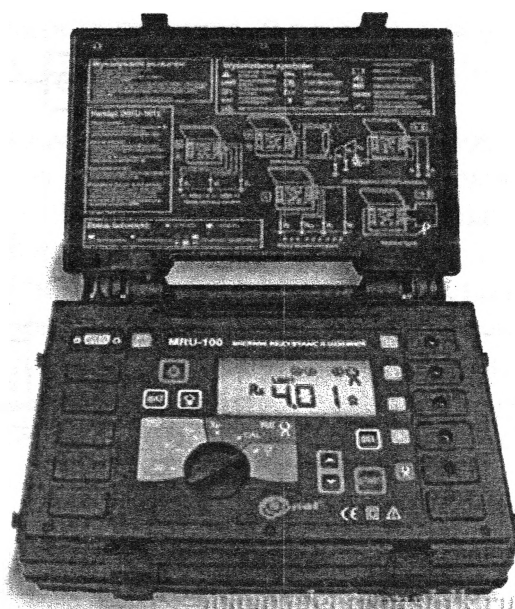


Рис. 5. Измеритель сопротивления заземляющих устройств, проводников присоединения к земле и выравнивания потенциалов марки MRU-100

УДК 621.316

## ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТОКОВЫХ НАПРАВЛЕННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИИ

Калачинский Ю.М., Ярмош А.Ф.

Научный руководитель – ГУРЬЯНЧИК О.А.

Токовая направленная защита используется, как правило, для защиты линии и позволяет осуществить достаточно быстрое и селективное отключение повреждений в сетях с двусторонним питанием, кольцевых сетях с одним источником питания и некоторых других сетях, где ненаправленные токовые защиты работают неудовлетворительно. Применение органов направления мощности позволяет выполнить две системы токовых защит, каждая из которых приходит в действие только при одном из направлений потока мощности КЗ.

Реле направления мощности могут включаться как на полные токи и напряжения, так и на токи и напряжения отдельных симметричных составляющих. Реле, включаемые на полные токи и напряжения, могут выполняться одноэлементными или многоэлементными и должны срабатывать при направлении мощности КЗ от источника к месту повреждения.

Функциональная схема трехступенчатой токовой направленной защиты (условно на одну фазу) приведена на рисунок 1.

При КЗ в пределах зоны первой ступени в направлении действия измерительного органа направления тока (ИОНТ) возникает сигнал на выходе элемента И1 и через выходной элемент (ВЭ) защита действует на выключение выключателя.

При КЗ в зоне ступени II при действии ИОНТ сигнал с выхода И2 приводит к запуску органа выдержки времени  $ОВ^{II}$  и после набора выдержки времени  $t_{сз}^{II}$  защита также действует на отключение выключателя  $Q$ .

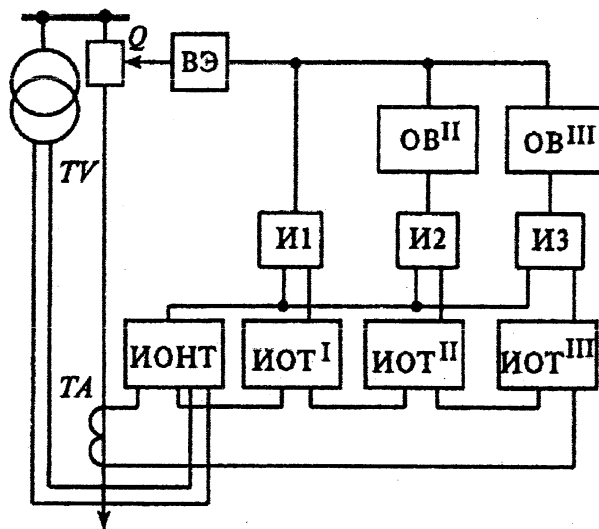


Рис. 1. Функциональная схема трехступенчатой направленной токовой защиты (условно на одну фазу)

Аналогично действует ступень III. Если какая-то из ступеней не контролируется ИОНТ, из схемы исключается соответствующий элемент И.

Токовые направленные защиты от междуфазных КЗ могут выполняться трехступенчатыми, содержащими ступени I, II и III, двухступенчатыми, содержащими ступени I и III или ступени II и III, или одноступенчатыми, содержащими одну ступень III.

К достоинствам токовых направленных защит относятся:

- простота и надежность принципа действия защиты;
- обеспечение селективной защиты сетей с двусторонним питанием и кольцевых сетей с одним источником питания;
- обеспечение быстроты отключения токов КЗ;
- высокая чувствительность.

Недостатками защиты являются:

- большие выдержки времени, особенно вблизи источников питания;
- недостаточная чувствительность в сетях с большими нагрузками и небольшими относительно их кратностями тока КЗ;
- мертвая зона при трехфазных КЗ;
- возможность неправильного выбора направления при нарушении цепи напряжения, питающей реле направления мощности;
- возможное неправильное действие защиты при КЗ за трансформатором с соединением обмоток звезда/треугольник.

В сетях 6 и 10 кВ, выполняемых обычно радиальными, направленные токовые защиты используются для защиты параллельных кабельных линий со стороны приемных подстанций и для защиты ВЛ сельской электрификации с сетевым резервированием. Применение направленных токовых защит параллельных кабельных линий является лишь одним из возможных решений. Для этой цели могут устанавливаться и поперечные дифференциальные защиты. Однако преимуществом направленной защиты является возможность ее использования при числе параллельных линий больше двух, а также при включении линий на отдельные секции, которые могут работать либо раздельно, либо совместно.

Направленные токовые защиты в сетях 6 и 10 кВ целесообразно выполнять на реле с зависимой времятоковой характеристикой, например серии РТ-80, которые обеспечивают обе ступени защиты. Как правило, защита выполняется на переменном опе-

ративном токе с дешунтированием электромагнита отключения. В ряде случаев чувствительность защиты будет определяться током срабатывания дешунтируемого электромагнита отключения.

Направленная токовая защита в двухрелейном исполнении широко применяется в сетях 35 кВ с двусторонним питанием в качестве основной защиты ВЛ, а токовая отсечка – в качестве дополнительной защиты этих ВЛ. Защита выполняется с независимой выдержкой времени и может использоваться как с переменным, так и с постоянным оперативным током в зависимости от мощности и ответственности подстанции. Для этих целей выпускаются комплекты устройств одноступенчатой направленной токовой защиты КЗ-14 на постоянном оперативном токе и КЗ-38 на переменном оперативном токе в двухфазном двухрелейном исполнении с одной выдержкой времени. С их помощью и с помощью других типов комплектов устройств серии КЗ можно выполнять ступенчатые защиты ВЛ.

В сетях напряжением выше 110 кВ с глухозаземленной нейтралью основными защитами от однофазных КЗ приняты в настоящее время направленные токовые защиты нулевой последовательности, которые имеют более высокую чувствительность и быстродействие по сравнению с направленными защитами, включенными на полные токи и напряжения. Они не имеют «мертвой» зоны. На ВЛ, имеющих питание с двух и более сторон, защиты выполняются четырехступенчатыми (панели ЭПЗ-1636, шкаф ШДЭ-2801), на нетупиковых ВЛ 110–220 кВ с односторонним питанием – трехступенчатыми (комплект защиты типа КЭ-15), а на тупиковых ВЛ 110–220 кВ – двухступенчатыми. Первые ступени защит предназначены в основном для работы при КЗ на защищаемой ВЛ или шинах приемной подстанции, а последняя ступень – для дальнего резервирования.

### Литература

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
3. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1998.

УДК 681.3.06

## РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ MATHCAD

*Коваль А.А.*

Научный руководитель – **КЛИМКОВИЧ П.И.**

Использование компьютера при решении различного рода задач позволяет избежать сложных вычислений и сосредоточиться на анализе результатов и выборе оптимальных параметров. Выбор MathCAD в качестве средства решения задач объясняется его простотой и наглядностью, большим количеством встроенных функций, наличием численного и символьного процессоров. Наличие графического и текстового редакторов дают возможность готовить технические документы непосредственно в оболочке пакета.

Главное достоинство MathCAD – простота и удобство вычислений. Этому принципу должны быть подчинены все вычисления в MathCAD [1].