

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА УСТАВОК РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 110–220 кВ

В.М. Тарасенко

г. Челябинск, ЧРДУ СО ЦДУ ЕС России

Рассмотрена существующая методика расчета уставок устройств РЗА в сетях сложной конфигурации (110 кВ и выше) и выявлены причины, приводящие к большим трудозатратам на выполнение данных расчетов. Новый подход к выполнению расчетов уставок резервных защит в сетях 110–220 кВ требует разработки специального программного комплекса, в котором формализована процедура принятия решение об изменении взаимосвязанных уставок резервных защит всех элементов узла энергосистемы.

Вопреки общепринятому мнению определение параметров срабатывания (уставок) устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) в электрических сетях сложной конфигурации (110 кВ и выше) в общем случае не является просто расчетом по заданным алгоритмам и формулам, так как кроме собственно расчета он включает в себя принятие решения о выборе той или иной уставки из нескольких рассчитанных. Причем достаточно часто все рассчитанные варианты уставок являются плохими, то есть каждый из вариантов имеет некоторые недостатки, которых в идеале хотелось бы избежать. Но так как хорошего варианта (без недостатков) обычно нет, то приходится выбирать один вариант решения из нескольких плохих. Следовательно, правильнее говорить не о расчете, а о выборе уставок устройств РЗА или принятии решений об уставках устройств РЗА.

Обычно решение о принятии той или иной уставки, не совсем соответствующей нормативно-техническим требованиям, принимается человеком (расчетчиком), исходя из опыта данного человека и из его понимания, что такое хорошо и что такое плохо в экспертной оценке.

Поэтому складывается впечатление, что задачу выполнения расчета уставок устройств РЗА в сложной электрической сети практически невозможно решить с использованием только компьютера с комплексом специальных программ без участия человека-расчетчика-эксперта. Компьютер может достаточно быстро и достаточно точно просчитать большое количество вариантов уставок устройств РЗА, что не под силу выполнить ни одному человеку. Но компьютер не может принять правильного решения о том, какую конкретно уставку надо (или можно) принять, когда среди всех рассчитанных вариантов нет ни одного хорошего, удовлетворяющего всем нормативно-техническим требованиям.

В настоящее время имеется достаточно много хороших и разных программ для расчета уставок устройств РЗА в электрических сетях. Но все эти программы построены принципиально одинаково: они рассчитывают уставки устройств РЗА по заданным алгоритмам (формулам) с учетом опреде-

ленных требований (условий) и ограничений. Если в результате работы программы получается решение, удовлетворяющее всем заданным условиям, то найденные установки принимаются к реализации. А если одновременное выполнение всех заданных условий невозможно (некоторые условия противоречат друг другу, и выполнение одного условия приводит к нарушению другого условия), то программа никакого решения принять не может.

Поэтому в настоящее время методика расчета уставок устройств РЗА в сетях сложной конфигурации (110 кВ и выше) выглядит примерно так: расчетчик задает компьютеру конкретные задания на выполнение конкретных расчетов. Компьютер просчитывает все заданные варианты и выдает результаты расчетчику, который на их основе принимает решения о принятии тех или иных уставок. И даже если среди рассчитанных вариантов нет ни одного хорошего решения, человек-расчетчик все равно какое-то решение примет.

В настоящее время в России основную часть расчетов уставок устройств РЗА электрических сетей 110–220 кВ, как правило, выполняют отделы расчетов служб РЗА региональных диспетчерских управлений (РДУ) РАО «ЕЭС России». Расчеты выполняются на современных персональных компьютерах с использованием специализированных программных комплексов, таких как ТКЗ-3000 и АРМ СРЗА (г. Новосибирск, ПК «Бриз», разработчик Черняков В.Н.), IEDKK (Киевский институт электродинамики НАНУ, разработчик Крылов В.А.) и др. Несмотря на это, трудоемкость выполнения расчетов очень велика. Основные причины этого:

Причина 1. Уставки многих устройств РЗА в электрических сетях взаимосвязаны (защиты согласованы друг с другом). В сетях сложной конфигурации практически никогда не удастся изменить уставку одного устройства РЗА без изменения уставок других устройств РЗА. Поэтому любое существенное изменение конфигурации сети (например, включение новой подстанции), как правило, приводит к необходимости перерасчета уставок многих устройств РЗА.

Обычно схема сети 110–220 кВ достаточно крупной энергосистемы разделяется на несколько

узлов. Каждый узел состоит из нескольких десятков подстанций, связанных между собой линиями электропередачи. Кроме того, каждый узел связан линиями электропередачи и автотрансформаторами с несколькими другими узлами, образуя единую энергосистему. Поэтому разделение энергосистемы на несколько узлов является достаточно условным, но удобным, в частности, для выполнения расчетов уставок устройств РЗА.

При этом любое существенное изменение конфигурации узла (например, включение новой подстанции или даже реконструкция одной линии с изменением ее параметров), как правило, приводит к необходимости перерасчета уставок устройств РЗА всего узла. И более того, изменения уставок устройств РЗА одного узла влекут за собой соответствующие изменения уставок устройств РЗА соседних узлов.

При этом одной из задач расчета уставок устройств РЗА узла является сохранение (по возможности) неизменными уставок устройств РЗА соседних узлов. То есть, при расчете уставок устройств РЗА одного узла желательно принять такие решения, которые позволили бы изменить уставки устройств РЗА только данного узла, не распространяя изменения на соседние узлы. Иначе объем расчетов многократно увеличится.

Причина 2. Существующая сегодня методика расчета уставок устройств РЗА, при которой для выбора уставки одной из защит выполняются варианты расчеты уставок, а расчетчик принимает решение о том, какую из рассчитанных уставок принять. После этого из-за изменения данной уставки возникает необходимость изменения другой уставки. Опять на компьютере выполняется несколько десятков расчетов, расчетчик опять принимает решение и так до тех пор, пока не будут пересчитаны уставки всех устройств РЗА, согласованных друг с другом.

При этом расчет уставок устройств РЗА узла сети разделяется на три основных, практически независимых друг от друга, расчета:

1. Расчет основных защит от всех видов коротких замыканий (КЗ): высокочастотных защит линий, дифференциальных защит автотрансформаторов, дифференциальных защит шин, дифференциальных защит ошинок и др.

2. Расчет резервных дистанционных защит (ДЗ) от междуфазных КЗ линий и автотрансформаторов связи.

3. Расчет резервных токовых направленных защит нулевой последовательности (ТНЗНП) от КЗ на землю линий и автотрансформаторов связи.

Расчет основных защит выполняется наиболее просто, так как каждая основная защита рассчитывается отдельно от других, и изменение ее уставок не приводит к необходимости перерасчета уставок других устройств РЗА.

Расчеты резервных защит (ДЗ и ТНЗНП) выполняются гораздо более сложно, так как все ДЗ

согласованы между собой и все ТНЗНП согласованы между собой, и изменение какой либо уставки одной защиты может повлечь за собой необходимость перерасчета всех ДЗ или всех ТНЗНП всего узла. Для существенного уменьшения трудозатрат на выполнение расчетов уставок устройств РЗА в сетях 110–220 кВ необходимо изменение существующего подхода к расчету уставок резервных защит (ДЗ и ТНЗНП).

Компьютер должен не просто выполнять варианты расчеты уставок устройств РЗА, а принимать решения об уставках устройств РЗА. Причем, решения должны приниматься даже в том случае, если хороших решений (удовлетворяющих всем поставленным условиям) вообще нет. То есть, компьютер должен уметь выбирать наилучшее решение из всех плохих решений.

При этом методика расчета уставок резервных защит (ДЗ или ТНЗНП) узла может выглядеть следующим образом: расчетчик формирует задание компьютеру не на расчет отдельной ступени защиты, а на выбор уставок всех резервных защит (ДЗ или ТНЗНП) всего узла с указанием приоритетных критериев. Компьютер выполняет расчет уставок всех защит узла с принятием некоторых решений по каждой из уставок каждой ступени защиты и выдает результат в виде всех уставок всех защит узла с перечнем принятых им отклонений от заданных условий и от нормативно-технических требований. Расчетчик может оценить все принятые компьютером решения в целом (экспертная оценка, без выполнения расчетов) и, если результат его не устраивает, задать повторный расчет резервных защит узла с другими приоритетными критериями. При этом надо только учитывать, что выбрать уставки резервных защит всего узла абсолютно правильно, без отклонений от нормативно-технических требований практически нереально, и не надо заставлять компьютер бесконечно пересчитывать уставки резервных защит узла с разными приоритетными критериями.

Особенностью расчета уставок резервных защит узла является его многовариантность: если представить себе, что два расчетчика независимо друг от друга выполнили расчеты уставок ДЗ одного и того же узла, то почти со стопроцентной вероятностью у них получатся разные результаты. Аналогично, если один расчет выполнит человек, а второй расчет выполнит компьютер – результаты получатся различные. И вопрос о том, какой расчет правильный, а какой – нет, наверное, является некорректным: оба расчета имеют какие-то недостатки. Просто разные расчетчики (человек или компьютер) при невозможности принять хорошее решение принимали разные варианты плохих решений. Следовательно, расчет уставок дистанционных защит узла, выполненный компьютером, нельзя однозначно назвать правильным или неправильным: это просто один из возможных вариантов решения поставленной задачи. Поиск опти-

мальных уставок возможен на основе методов многокритериальной оптимизации в зоне компромиссных решений.

Вывод. Для существенного уменьшения трудозатрат на выполнение расчетов уставок устройств РЗА в сетях 110–220 кВ необходимо изменение существующего подхода к расчету уставок резервных защит (ДЗ и ТНЗНП).

Необходима разработка специального программного комплекса, с использованием которого компьютер будет не просто выполнять вариантыные расчеты отдельных уставок устройств РЗА, а будет самостоятельно принимать решения об изменении всех взаимосвязанных уставок резервных защит всех элементов (линий и автотрансформаторов) узла энергосистемы.

Тарасенко Владимир Михайлович окончил ЧПИ в 1980 г. по специальности «Электрические станции», работает зам. начальника службы РЗА ЧРДУ. Научные интересы связаны с релейной защитой и автоматикой энергосистем.