

Анализ и оценка надежности схемных решений и технических средств УРЗА энергоблоков действующих АЭС

В данной статье вы найдете ответы на следующие вопросы:

■ Каковы недостатки существующих принципов построения схем защиты блоков генератор – трансформатор АЭС и каким образом целесообразно их пересмотреть?

Авторы

Иванов В. Н.,
Караулов А. А.

Принципы построения существующих схем релейной защиты блоков генератор-трансформатор электростанций разработаны в середине прошлого столетия. Во время подготовки 6-го издания «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) выполнена незначительная корректировка этих принципов. Устройства релейной защиты блоков генератор-трансформатор были дополнены дублирующими дифференциальными защитами генератора, блочного трансформатора, ошиновок генераторного напряжения или блока в целом. Перед комплексом релейной защиты ставилась задача отключения любого КЗ в схеме блока генератор-трансформатор быстродействующими защитами с целью уменьшения объема повреждения электротехнического оборудования и исключения нарушения в работе механизмов собственных нужд (СН) электростанций.

Опыт эксплуатации в последующие годы показал, что:

1. Увеличение количества и усложнение схем релейной защиты блоков привело к росту числа случаев неправильной работы этих защит на отключение блоков. Такие нарушения в работе связаны, как правило, и с работой АВР в сети СН станций, что может привести к потере питания СН при отказе схем АВР или других элементов в сети резервного питания.

2. Низкая надежность полупроводниковых и микроэлектронных устройств, применяемых для релейной защиты блоков генератор-трансформатор. Так, например, процент правильной работы дифференциальных защит на реле ДЗТ-21, 23, по стати-

стике ОРГРЭС, в 2001 г. составлял всего 59,5 % (см. материалы 15-й конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем 2002», 2002г.). И только в 2006 году этот показатель увеличился до 80 %. В процессе эксплуатации неоднократно зафиксированы случаи неправильной работы реле типа РТФ-6М, ЗЗГ-1, БРЭ-1301, БРЭ-2801, РЗР-1М, приводившие к отключению блоков. При этом наиболее подвержены неправильной работе реле, не имеющие гальванической развязки по цепям питания (РТФ-6М, ЗЗГ-1, РЗР-1М и т. д.). Например, только на Смоленской АЭС были зафиксированы два случая неправильной работы реле типа БЭ-2104, пришедшего на смену реле типа ДЗТ-21 (2002 год – срабатывание реле в схеме ДЗО-500 блока при операциях с подвижным разъединителем ТН-500, 2003 год – срабатывание аналогичного реле из-за залипания герконового реле), которые привели к отключению блока мощностью 1000 МВт и значительному экономическому ущербу.

3. Наличие разветвленных и протяженных кабельных связей (до 3 км) цепей вторичной коммутации релейной защиты блоков приводит к ложной работе защит, например, при повреждении токовых цепей дифференциальных защит, так как ток срабатывания этих защит меньше номинального тока защищаемого оборудования. Выбор уставок срабатывания защит значительно меньше номинального тока защищаемого оборудования со ссылкой на требования заводов-изготовителей электротехнического оборудования также вызывает сомнение в целесообразности таких действий. Практика показывает, что, как правило, даже при

таких уставках, в случае повреждения, оборудование восстановлению не подлежит. При этом возросла и возможность ошибочных действий персонала, вызванных неподключением (или отключением на работающем блоке) цепей тока защит.

4. Для блоков генератор-трансформатор АЭС проблема актуальна из-за наличия двойного комплекта основных дифференциальных защит и, соответственно, более высокой вероятности их неправильной работы. Еще более актуальной становится эта проблема для мощных дублирующих блоков АЭС.

5. Остаются нерешенными вопросы по реализации функций дальнего резервирования резервными защитами блоков генератор-трансформатор.

Если принципы построения линейных, подстанционных защит и автоматики постоянно совершенствуются и находятся под техническим надзором института «Энергосетьпроект», организаций бывшего РАО «ЕЭС России» (смотри, например, «Основные принципы выполнения РЗ и АПВ (РЗА) системообразующей сети «ЕЭС России»), то в части РЗА блоков генератор-трансформатор такой работы, на наш взгляд, не ведется уже более 20 лет. Более того, в соответствии с действующими ПУЭ, 6-е издание, требования этих правил не распространяются на АЭС (см. п. 3.2.1), что еще больше усугубляет проблему.

Заемствованные же из традиционной энергетики принципы построения схем релейной защиты блоков генератор-трансформатор не учитывают специфику АЭС с точки зрения необходимости обеспечения их надежной и безопасной работы, обеспечения живучести и безопасного останова АЭС при нарушениях в работе энергосистемы. В частности, не проработаны вопросы автоматического останова блоков при отклонении частоты в энергосистеме, выделения АЭС на сбалансированную нагрузку, повышения надежности схем резервных источников питания собственных нужд АЭС. Необходим анализ зарубежного опыта по этим вопросам, в том числе и с учетом результатов анализа последних аварий в энергосистемах США и Европы.

В нынешних экономических условиях требуется пересмотр подходов к повышению надежности работы ЭТО и УРЗА. Так,

например, отключение блока 1000 МВт с реактором типа РБМК приводит к потерям в размере порядка 70 млн. руб. (из-за недовыработки примерно 50 млн. кВт·ч в связи с прохождением йодной «ямы» и невыполнением графика нагрузки в ценах 2008 г.). Полный сброс нагрузки, помимо «теплого шока» для реакторной установки, влечет за собой работу тысяч элементов устройств автоматики и технологических органов (задвиг, регуляторов, насосов) для приведения реакторной установки в безопасное состояние. Естественно, возникает вопрос: а стоит ли провоцировать безопасность реакторной установки в переходных режимах из-за нарушения в работе одного из элементов устройства защиты, автоматики в схеме выдачи мощности энергоблока?

В атомной энергетике излишние или ложные отключения могут повлиять на безопасность реакторной установки и поэтому должны быть минимизированы. И это требование выполняется при построении схем технологических защит оборудования АЭС, в том числе и реакторной установки. Так, в пункте 2.3.2.14 «Правил ядерной безопасности реакторных установок атомных станций, НП-082-07» предписывается: «Аварийный сигнал от каждого комплекта аппаратуры аварийной защиты (АЗ) должен реализовываться на основе мажоритарной логики, которая выбирается на основе анализа надежности, приводимого в проекте РУ. Минимальная мажоритарность равна 2 из 3». Такой подход, на наш взгляд, должен распространяться и на схемное построение электрических защит основного электрохимического оборудования блока АЭС. Исходя из этого, целесообразно пересмотреть построение схем УРЗА с целью минимизации разгрузки или отключения блоков при неправильной работе одного из элементов или устройства защиты (автоматики). На сегодняшний день с внедрением недостаточно надежной элементной базы в схемах защит и автоматики сделать это можно путем применения мажоритарного принципа или схемы «И» при построении схем релейной защиты и автоматики.

Учитывая вышеизложенное, предлагаем:

1. Пересмотреть принципы построения схем релейной защиты блоков генератор-трансформатор АЭС, при-

менив мажоритарный принцип формирования выходных воздействий для тех защит, единичная неправильная работа отдельных реле или единичное нарушение исправности измерительных цепей (тока, напряжения) которых приводят к отключению или разгрузке блоков АЭС. Такой подход на АЭС оправдан и в плане общих принципов построения систем управления и защит реактора (СУЗ) и технологических защит (ТЗ) тепломеханического оборудования АЭС.

Тем самым должна уменьшиться вероятность неправильной работы электрических защит, а значит, снизится вероятность отключения или разгрузки блока. При этом не должна снизиться и надежность отключения поврежденного оборудования, так как блок генератор-трансформатор оснащен комплектом резервных защит и газовыми защитами. Кроме того, при выводе из работы одной из основных дифференциальных защит предлагается автоматически или вручную переводить действие оставшейся защиты на отключение по схеме «ИЛИ».

2. На блоках АЭС целесообразно использовать микропроцессорную технику, на которой проще реализовать мажоритарный принцип логики организации выходных воздействий защит. Считаем возможным разумное сочетание и электромеханических устройств, положительно зарекомендовавших себя в процессе эксплуатации, например, в качестве одного из комплектов защит с уставками выше номинальных параметров, что особенно актуально на этапе освоения микропроцессорных комплексов.

3. Выполнить разработку комплекса автоматики для блоков АЭС, обеспечивающих их устойчивую работу в энергосистеме, живучесть и безопасный останов при нарушениях в работе энергосистемы.

4. Необходимо также уточнить задачи резервных защит блока генератор-трансформатор для выполнения функций дальнего резервирования в связи с их ограниченной чувствительностью при КЗ в конце длинных линий связи АЭС с энергосистемой.

Решение вышеперечисленных задач становится особенно актуальным и в рамках работ по реализации Федеральной целевой программы развития атомной энергетики. 