Вопросы фиксации перегрузки в многомашинной схеме энергосистемы

Глускин Игорь Захарович
д.т.н., профессор
Васильев Александр Николаевич
к.т.н., доцент
Мельников Павел Валентинович
старший преподаватель
Богаченко Дмитрий Дмитриевич
старший преподаватель
Ефремова Ирина Юрьевна
аспирант
Кафедра РЗиАЭ НИУ МЭИ

Перегрузка сечения, опасная для устойчивости по углу параллельной работы, может развиваться постепенно, в нормальном состоянии ЭЭС или возникнуть внезапно, в силу аварийных обстоятельств, т. е. как аварийное возмущение. Наиболее частая причина перегрузки сечения – изменения баланса активной мощности в разделяемых этим сечением частях ЭЭС. Вторая причина – неконтролируемое системой оперативного управления уменьшение пропускной способности сечения из-за недостатка реактивной мощности и вызванного этим снижения напряжения в узлах сечения. Реже причиной перегрузки является неблагоприятное распределение мощности по шунтирующим друг друга связям, входящим в сечение.

Перегрузка сечения может привести к нарушению статической устойчивости. Устойчивость энергосистем – способность сохранить синхронизм между электростанциями, или другими словами - возвращаться к установившемуся режиму после различного рода возмущений.

Решение проблем устойчивости энергосистемы возлагается на систему противоаварийной автоматики.

Противоаварийная автоматика – это система, предназначенная для ограничения развития и прекращения аварийных режимов в энергосистеме. Противоаварийная автоматика осуществляет:

- выявление аварийной ситуации (пусковые органы);
- определение вида и значения управляющих воздействий (дозировка воздействий);
- исполнение управляющих воздействий (исполнительные устройства).

В настоящее время наибольшее внимание уделяется исследованию и усовершенствованию устройств дозировки управляющих воздействий. Ярким примером этому является создание и модернизация централизованной системы противоаварийного управления (ЦСПА). Целью создания данной системы является адаптивный (управляемый) выбор управляющих воздействий ПА.

Для повышения эффективности ЦСПА, Системным оператором и ОАО «НИИПТ» была организована разработка ЦСПА нового поколения. Её основные задачи:

1. реализовать алгоритм с использованием традиционных расчетных методов, обеспечив его прозрачность, доступность;
2. разработать алгоритм и программную реализацию выбора УВ не только для обеспечения статической устойчивости, но и для обеспечения устойчивости в динамической фазе переходного процесса;

3. обеспечить максимальную универсальность (возможность использования в схемах энергосистем любой конфигурации);
4. повысить быстродействие ЦСПА.

Управления пусковыми органами ПА в ЦСПА нового поколения не производится [4,5].

Данная статья посвящена рассмотрению пусковых органов противоаварийной автоматики.

Пусковые органы подразделяются на следующие группы:

1. пусковые органы, выявляющие аварийное возмущение по положению коммутационных аппаратов;
    - выявление отключения элемента сети.
2. пусковые органы, выявляющие аварийный переходный процесс по параметрам режима;
    - выявление перегрузки сечения, опасной для устойчивости параллельной работы энергосистем;
    - выявление опасности нарушения устойчивости по напряжению;
    - выявление термической перегрузки элемента сети;
    - выявление опасного повышения напряжения на оборудовании;
    - выявление опасного отклонения частоты;
    - выявление тяжести короткого замыкания.

В данной работе рассматриваются пусковые органы противоаварийной автоматики, выявляющие перегрузку сечения, опасную для устойчивости параллельной работы энергосистем.

Для выявления перегрузки используется измерение трех основных типов величин:

- активная мощность, передаваемая в сечении между двумя частями ЭЭС или, если оно сложное, по входящим в него главным связям;
- ток в главных линиях электропередачи, входящих в сечение;
- угол между векторами ЭДС приемной и передающей частей ЭЭС.

Наиболее простым по принципу, а также в реализации является первый способ. Он хорошо сочетается с эксплуатационными инструкциями операторам, в которых ограничение загрузки сечения обычно задается значением активной мощности.

Для фиксации перегрузки электропередачи по мощности используется пусковой орган ПА по мощности (АРПМ). Данное устройство измеряет сумму активных мощностей, протекающих в трех фазах, и подключается к вторичным цепям трансформатора тока и трансформатора напряжения контролируемого присоединения. Мощность срабатывания органа отстраивается от максимальной передаваемой мощности допустимого режима (по условию соблюдения статической устойчивости с учетом запаса). Чувствительность органа проверяется по максимуму характеристики передаваемой мощности в установившемся послеаварийном режиме.

Частый недостаток измерительного органа активной мощности – неудовлетворительная чувствительность.

Измерению тока свойственна большая чувствительность, но оно усложняется необходимостью учитывать потоки реактивной мощности.

Основное преимущество угла и скольжения перед передаваемой мощностью и скоростью ее изменения заключается в том, что при нарушении устойчивости угол нарастает монотонно, а скольжение всегда положительно, в то время как передаваемая мощность в силу своей нелинейной зависимости от угла не может превысить некоторого максимума, после прохождения которого

снова уменьшается, и скорость ее изменения меняет свой знак с положительного на отрицательный.

Для фиксации перегрузки электропередачи по углу используется пусковой орган ПА по углу. Данный пусковой орган должен измерять взаимные углы роторов генераторов многомашинной энергосистемы. Под взаимным углом понимается угол между ЭДС эквивалентных генераторов. При малых возмущениях (при исследовании статической устойчивости), можно полагать, что напряжение в определенных точках энергосистемы поддерживается регуляторами возбуждения на неизменном уровне, тогда статическая устойчивость определяется углом между напряжениями в этих точках. При этом измерительный орган, фиксирующий перегрузку электропередачи по углу, будет измерять фазы напряжений по концам электропередачи, и будет настраиваться аналогично измерительному органу по мощности. Угол срабатывания органа отстраивается от максимального угла допустимого режима (по условию соблюдения статической устойчивости с учетом запаса). Но отказ от измерения разности фаз роторов (из-за невозможности данного измерения) лишает измеряемый угол важного свойства – монотонности изменения.

В аппаратурном отношении измерение угла сложнее, и в большинстве случаев гораздо сложнее, чем активной мощности. Измерение угла сильно зависит от схемы сечения в случае применения моделирования удаленного напряжения, применение телепередачи угла не имеет этих осложнений, но требует решения другого вопроса – между какими именно напряжениями или ЭДС измерять угол [1,2,3].

В настоящее время способы выявления перегрузок сечений базируются на двухмашинном представлении сложной многомашинной энергосистемы. В соответствие с такой моделью, сложная сеть представляется набором двухмашинных эквивалентов. В данной ситуации приходится в многомашинной схеме для каждого сечения выбирать худшую ситуацию по всей недоступной для контроля части энергосистемы. При этом пусковые устройства имеют одну уставку для текущей схемы (т.е. не учитывают многомашинность энергосистемы), рассчитанную исходя из худших условий. Такое упрощение не позволяет полностью использовать пропускную способность сечения, вследствие чего снижается экономическая эффективность электропередачи. Пусковые органы могут иметь набор уставок для адаптации к текущей ремонтной схеме, но данный способ адаптации имеет недостаток: переключение уставок осуществляется оперативно, что вносит ощутимую задержку в переключениях (время оперативного переключения уставок осуществляется от 30 минут). Но данный способ учитывает только изменения схемы, не учитывает изменение режима работы прилегающей сети в связи со значительными колебаниями мощности в течение суток (многомашинность).

Жестко заданные уставки не позволяют полностью использовать пропускную способность сечения. Данное утверждение можно проверит, исследовав пропускную способность сечения и уставки пусковых устройств по мощности в энергосистеме Казахстана. Результаты расчета статической устойчивости в нормальной схеме для сечения Агадырь - ЮКГРЭС энергосистемы Казахстана приведены в таблице 1. Уставки пусковых устройств по мощности, установленных в данном сечении (из инструкции по ПА), приведены ниже.

Работа АНМ ВЛ Агадырь - ЮКГРЭС 1,2 цепь:

1-я ступень P = 1300/1000/900 МВт (1000 и 900 для ремонтных режимов);

2-я ступень P = 1400/1100/1000 МВт (1100 и 1000 для ремонтных режимов).

Таблица 1. Результаты расчета статической устойчивости в нормальной схеме для сечения Агадырь - ЮКГРЭС при изменениях дефицитов Жезказганского и Темиртауского энергоузлов.

	Профицит Темиртауского промузла + Караганда – 100 МВт	Дефицит Темиртауского промузла + Караганда – 0 МВт	Дефицит Темиртауского промузла + Караганда – 100 МВт
Дефицит Жезказганского энергоузла – 100 МВт	1608	1588	1568
Дефицит Жезказганского энергоузла – 200 МВт	1555	1538	1517
Дефицит Жезказганского энергоузла – 300 МВт	1501	1479	1459

Из указанного выше следует, что максимально допустимый переток может достигать 1600 МВт, но так как при жесткой настройке устройства АНМ нет возможности учесть режим работы прилегающей сети, приходится выбирать уставку для худшего случая (1400 МВт), что может снизить использование пропускной способности на 200 МВт (более, чем на 10%).

Вопрос о выявлении аварийной перегрузки сечения – один из наименее проработанных в ПА, что никак не соответствует актуальности проблемы. Недостаточное развитие принципов выявления перегрузки часто вызывает несовершенные решения, которые хороши только своей простотой. Отсюда – неправильные срабатывания органов, выявляющих перегрузку. [3]

В указанных условиях важной задачей является разработка структуры комплекса ПА с управляемыми пусковыми органами, разработка способов управления пусковыми органами ПА. Управляемые пусковые органы смогут учитывать режим работы прилегающей сети, что позволит повысить пропускную способность электропередачи.

Актуальность поставленной задачи подтверждается также тем, что управляемой настройке уделяется большое внимание в близких к ПА системах.

В работе [6] Исследован адаптивный дистанционный принцип определения зоны и места повреждения. Введено понятие адаптации характеристик реле сопротивления в узком и широком

смысле.

В результате разработана универсальная ДЗ от всех видов КЗ с привлечением адаптивных к режиму нагрузки алгоритмов функционирования, такая защита является более селективной.

В работе [7] предложен, разработан и исследован с помощью программ на ЭВМ новый способ адаптивного анализа входного информационного процесса для определения векторов тока и напряжения, необходимых для формирования технологических алгоритмов ДЗ и ОМП.

В результате разработаны наиболее точные методы функционирования микропроцессорных устройств одностороннего определения места повреждения и дистанционной защиты высоковольтных линий электропередачи, адаптивных к изменению структуры и режима работы энергосистемы.

В работе [8] также представлена теория адаптивных реле.

В работе [9] разработан и реализован в виде программы на ЭВМ метод выявления асинхронного режима в условиях неполной информации об эквивалентных параметрах энергосистемы, адаптивный к изменению этих параметров и режиму работы ЭЭС, базирующийся на формировании синхронной системы координат в узле измерения, построении траекторий изменения векторов напряжения или токов в контролируемых узлах и определении параметров этих траекторий.

Разработана блок-схема алгоритма функционирования устройства АЛАР и создан программный комплекс, использующий разработанные методы, адаптивные к структурно-режимным изменениям, происходящим в энергосистеме в процессе ее эксплуатации. Алгоритм программного комплекса технически реализуем на базе микропроцессорного контроллера и способен найти свое применение:

1. При формировании алгоритмов действия микропроцессорных устройств автоматики выявления и ликвидации асинхронного режима.
2. Для анализа работы устройств автоматики выявления и ликвидации асинхронного режима, эксплуатируемых в ЭЭС по зафиксированным процессам в виде осциллограмм.
3. На этапе проектирования устройств автоматики выявления и ликвидации асинхронного режима и их включения в энергосистему.

Из изложенного выше следует, что разработка управляемых устройств релейной защиты, регулировочной и противоаварийной автоматики способствует повышению надежности и эффективности работы энергосистем. В настоящее время проводятся различные исследования в области управляемых устройств РЗ, АЛАР, АОПН и других устройств к режиму работы энергосистемы. Вопрос управляемых пусковых устройств противоаварийной автоматики является открытым.

Интересную задачу также представляет рассмотрение поведения энергосистемы в фазовом пространстве. К настоящему времени существуют только исследования двухмашинной системы в фазовом пространстве, исследование многомашинной системы представляет интересную задачу.

Вывод:

В данной статье были проанализированы способы выявления перегрузок сечений энергосистем, проведено исследование состояния вопроса управляемой настройки пусковых органов ПА, произведен анализ работ, проводимых в области управляемой настройки устройств РЗА и ПА, проанализирована ЦСПА нового поколения. В результате проведенных исследований выяснилось, что большинство работ в настоящее время проводится в области адаптивной настройки

устройств РЗ и локальных устройств ПА, а также устройств дозировки управляющих воздействий, вопрос управления пусковыми органами ПА остается открытым и представляет важную и актуальную задачу. Разработка алгоритмов управления пусковыми органами будет способствовать адаптации пусковых органов к режиму работы прилегающей сети, исключению их излишних срабатываний, и как следствие, к повышению пропускной способности сечений энергосистемы и повышению экономической эффективности электропередачи.

Литература.

1. Глускин И.З., Иофьев Б.И. Противоаварийная автоматика в энергосистемах. Т. I - М.: «Знак». 2009.
2. Глускин И.З., Иофьев Б.И. Противоаварийная автоматика в энергосистемах. Т. II - М.: «Знак». 2011.
3. Иофьев Б.И. Функционирование противоаварийной автоматики // Вопросы противоаварийной автоматики электроэнергетических систем. Сб. научных трудов ин-та «Энерго-сетьпроект». М.: Энергоиздат. 1982.
4. Кощеев, Л. А. ЦСПА на базе алгоритмов нового поколения – очередной этап в развитии противоаварийного управления в энергосистемах / Л. А. Кощеев, Н. Г. Шульгинов // ИЗВЕСТИЯ НТЦ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. – 2013. – № (1) 68. – С. 7–13.
5. Исаев, Е. В. Алгоритм оценки статической устойчивости и выбора управляющих воздействий по условию обеспечения статической устойчивости в послеаварийном режиме / Е. В. Исаев, П. Я. Кац, А. А. Лисицын, А. В. Николаев, Е. А. Тен // ИЗВЕСТИЯ НТЦ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. – 2013. – № (1) 68. – С. 48–56.
6. Ефремов В. А. Адаптивный дистанционный принцип защиты и автоматики линий электропередачи и средства его реализации: Дисс…канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 1993 – 311 с.
7. Шевцов М. В. Разработка и исследование алгоритмов адаптивного функционирования защиты от всех видов коротких замыканий на основе дистанционного принципа: Дисс…канд. техн. наук. Москва, 2003 – 145 с.
8. Лямец Ю. Я. Адаптивные реле :Теория и прил. к задачам релейной защиты и автоматики электр. систем: Дисс…доктор техн. наук. Москва, 1994 – 536 с.
9. Налевин А. А. Исследование и разработка адаптивных алгоритмов выявления и ликвидации асинхронного режима для использования в микропроцессорной противоаварийной автоматике электроэнергетических систем: Дисс…канд. техн. наук. Москва, 2003 – 166 с.